



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS - CAMPUS CURITIBANOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOSISTEMAS AGRÍCOLAS E NATURAIS

Clarice Elisabete Antunes

Eficiência simbiótica de estirpes de *Rhizobium tropici* em variedades de feijão crioulo
(*Phaseolus vulgaris* L.)

Curitibanos

2023

Clarice Elisabete Antunes

Eficiência simbiótica de estirpes de *Rhizobium tropici* em variedades de feijão crioulo (*Phaseolus vulgaris* L.)

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ecossistemas Agrícolas e Naturais (PPGEAN) da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do título de Mestre em Ciências.

Orientador: Prof. Dr. Miguel Pedro Guerra
Co-orientadoras: Prof^ª. Dr^ª. Karine Louise dos Santos; Prof^ª. Dr^ª. Glória Regina Botelho

Curitiba

2023

Ficha catalográfica gerada por meio de sistema automatizado gerenciado pela BU/UFSC.
Dados inseridos pelo próprio autor.

Antunes, Clarice Elisabete

Eficiência simbiótica de estirpes de *Rhizobium tropici* em variedades de feijão crioulo (*Phaseolus vulgaris* L.) / Clarice Elisabete Antunes ; orientador, Miguel Pedro Guerra, coorientador, Glória Regina Botelho, coorientador, Karine Louise Dos Santos, 2024.

74 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Curitibanos, Programa de Pós-Graduação em Ecossistemas Agrícolas e Naturais, Curitibanos, 2024.

Inclui referências.

1. Ecossistemas Agrícolas e Naturais. 2. Fixação Biológica de Nitrogênio. 3. Variedades crioulas. 4. *Rhizobium tropici*. 5. Agroecologia. I. Guerra, Miguel Pedro. II. Botelho, Glória Regina. III. Dos Santos, Karine Louise IV. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós Graduação em Ecossistemas Agrícolas e Naturais. V. Título.

Clarice Elisabete Antunes

Eficiência simbiótica de estirpes de *Rhizobium tropici* em variedades de feijão crioulo (*Phaseolus vulgaris* L.)

O presente trabalho em nível de mestrado foi avaliado e aprovado, em 17 de janeiro de 2024, pela banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. Miguel Pedro Guerra, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Paulo Emílio Lovato, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Maurício Sedrez dos Reis, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Certificamos que esta é a versão original e final do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de Mestre em Ciências.

Insira neste espaço a
assinatura digital

Prof. Cesar Augusto Marchioro, Dr.

Insira neste espaço a
assinatura digital

Prof. Miguel Pedro Guerra Dr.
Orientador

Curitibanos - SC, 2023.

Dedico ao meu marido Ricardo Pazinato.
Aos meus queridos pais Reinaldo Antunes (*in memorian*) e Eloisa Antunes,
pela educação e amor incondicional.
Aos meus irmãos Clairton, Cleonice e Cleonara pelo apoio e incentivo.

Amo vocês!

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço à Deus por ter iluminado meu caminho e cuidado de mim.

Ao meu esposo Ricardo Pazinato, pela paciência, incentivo e por estar sempre ao meu lado. Pelo apoio na implantação e manutenção dos experimentos.

Aos meus colegas da Divisão de Atividades Agropecuárias pela amizade, sugestões e debates. Em especial ao Gustavo Rufatto Comin por sempre estar disponível para ajudar.

Ao meu amigo e colega Alan Batistão pela ajuda, paciência e por estar sempre disposto a fazer reuniões por vídeo chamada para explicar os dados rodados no Sisvar.

Aos técnicos do Laboratório de Química pela orientação e ajuda na condução das análises químicas dos dois experimentos.

Ao meu orientador Prof. Dr. Pedro Miguel Guerra pelos ensinamentos e pela compreensão.

Às minhas co-orientadoras Prof^ª. Dr^ª. Karine Louise dos Santos e Prof^ª. Dr^ª. Glória Regina Botelho pela amizade, incentivo e disponibilidade em ajudar.

RESUMO

O germoplasma de feijão compreende uma gama de cultivares e variedades, dentre elas as chamadas variedades crioulas ou locais que foram alvo de seleção, em especial por agricultores familiares. Além disso, possuem a característica evolutiva de se associar simbioticamente com bactérias do solo conhecidas como rizóbios. No presente trabalho, realizados nas safras 2020/2021 e 2021/2022, em casa de vegetação no campus de Curitibanos da UFSC, buscou-se avaliar o desempenho de variedades de feijão crioulo cultivados e manejados com princípios agroecológicos, em solos de origem agroecológica e convencional, com e sem a inoculação de rizóbios. As variedades crioulas de feijão Vermelho, Vinte e Costa Rica utilizados foram provenientes de amostras originalmente cedidas por agricultores e mantidas na UFSC Curitibanos. Para efeitos comparativos foi empregada a cultivar comercial IPR Tuiuiú. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados em esquema fatorial 4x2x2, composto por cinco repetições e quatro tratamentos. Cada parcela experimental foi composta por um vaso com onze litros de solo oriundo de uma área em que foi empregado manejo de base agroecológica, e outro de manejo convencional. Em um conjunto de parcelas, as sementes de feijão foram inoculadas com a mistura das estirpes de *Rhizobium tropici* SEMIA 4077 e SEMIA 4080, tendo igualmente o conjunto de parcelas controle. Nas plantas coletadas no período de floração, foram mensuradas: massas das matérias úmida e seca de parte aérea, raiz, nódulos ativos e nódulos inativos e teor de nitrogênio da parte aérea e de grãos. Ao final do ciclo, foram avaliados os seguintes parâmetros: dias para maturação; altura de plantas; altura de inserção de vagem; número de vagens por planta; número de grãos por vagem; massa de grãos; e produtividade. As variáveis avaliadas foram submetidas à análise de variância pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Os dias para emergência variaram entre 5 a 7 dias para todas as variedades nos dois anos. O período para atingir 50% de florescimento variou entre 40 e 45 dias após o plantio. Já a maturação ocorreu entre 70 e 80 dias após plantio no primeiro e segundo experimento de 2021 e 2022, respectivamente. A var. Tuiuiú, adotada como padrão, alcançou resultados satisfatórios em grande parte das análises. Similarmente, a variedade Vermelho, embora tenha apresentado alguns resultados inferiores, se destacou em parâmetros importantes, como o teor de nitrogênio nos grãos, evidenciando sua performance superior nesse aspecto. Os solos agroecológico e convencional demonstraram destaque em diferentes parâmetros, sugerindo uma semelhança em seu comportamento. A inoculação com as estirpes de *Rhizobium tropici* SEMIA 4077 e SEMIA 4080 não resultou em diferenças significativas em relação aos tratamentos sem inoculação para a maioria dos parâmetros testados. Esses resultados sugerem a presença de uma comunidade nativa expressiva de rizóbios, o que pode ser relevante para a seleção de estirpes locais adaptadas às condições climáticas da região de Curitibanos – SC e para o sistema de cultivo agroecológico.

Palavras-chave: Germoplasmas; Rizóbios; Variedades crioulas.

ABSTRACT

Bean germplasm comprises a range of cultivars and varieties, including the so-called landraces or local varieties that have been selected, especially by family farmers. Furthermore, they have the evolutionary characteristic of symbiotically associating with soil bacteria known as rhizobia. In the present work, carried out in the 2020/2021 and 2021/2022 harvests, in a greenhouse on the UFSC Curitibanos campus, we sought to evaluate the performance of creole bean varieties cultivated and managed with agroecological principles, in soils of agroecological origin and conventional, with and without rhizobia inoculation. The landraces of Vermelho, Vinte and Costa Rica beans used came from samples originally provided by farmers and kept at UFSC Curitibanos. For comparative purposes, the commercial cultivar IPR Tuiuiú was used. The experimental design used was randomized blocks in a 4x2x2 factorial scheme, consisting of five replications and four treatments. Each experimental plot consisted of a pot with eleven liters of soil from an area where agroecological management was used, and another from conventional management. In a set of plots, bean seeds were inoculated with a mixture of *Rhizobium tropici* strains SEMIA 4077 and SEMIA 4080, with the set of plots also being control. In plants collected during the flowering period, the following were measured: wet and dry matter masses of aerial parts, roots, active nodules and inactive nodules and nitrogen content of aerial parts and grains. At the end of the cycle, the following parameters were evaluated: days to maturation; plant height; pod insertion height; number of pods per plant; number of grains per pod; grain mass; and productivity. The variables evaluated were subjected to analysis of variance using the Tukey test ($p < 0.05$). The days to emergence varied between 5 and 7 days for all varieties in both years. The period to reach 50% flowering varied between 40 and 45 days after planting. Maturation occurred between 70 and 80 days after planting in the first and second experiments of 2021 and 2022, respectively. The var. Tuiuiú, adopted as standard, achieved satisfactory results in most of the analyses. Similarly, the Vermelho variety, although it presented some inferior results, stood out in important parameters, such as the nitrogen content in the grains, demonstrating its superior performance in this aspect. Agroecological and conventional soils demonstrated emphasis on different parameters, suggesting a similarity in their behavior. Inoculation with the *Rhizobium tropici* strains SEMIA 4077 and SEMIA 4080 did not result in significant differences in relation to treatments without inoculation for most of the parameters tested. These results suggest the presence of a significant native community of rhizobia, which may be relevant for the selection of local strains adapted to the climatic conditions of the Curitibanos – SC region and for the agroecological cultivation system.

Keywords: Germplasms. Rhizobia. Landraces. Biological nitrogen fixation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Temperatura média (°C) registrada em Curitibanos - SC nos dois anos de experimentos.....	15
Figura 2 - Temperatura média (°C) registrada em casa de vegetação de 7 de dezembro de 2021 a 22 de fevereiro de 2022.....	16
Figura 3 - Temperatura média do solo (°C), em experimento realizado em casa de vegetação no Campus de Curitibanos (UFSC), em dezembro de 2021.....	16

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Caracterização química dos solos das áreas experimentais, na profundidade de 0-20 cm, empregados nos experimentos com diferentes variedades de feijão, com e sem inoculação em casa de vegetação em 2021 e 2022.....	9
Tabela 2 - Características morfológicas das variedades de feijão utilizados nos experimentos com solos provenientes de áreas com manejo agroecológico e convencional, com e sem inoculação, nos anos de 2021 e 2022.....	10
Tabela 3 - Médias de massa seca (g) de nódulos ativos em variedades de feijão cultivados em solos de duas origens, com e sem inoculação, nos anos de 2021 e 2022.....	17
Tabela 4 - Médias de massa seca (g) de nódulos inativos de variedades de feijão cultivados em solos de duas origens, com e sem inoculação, nos anos de 2021 e 2022.....	19
Tabela 5 - Médias de massa seca (g) da parte aérea de variedades de feijão cultivados em solos de duas origens, com e sem inoculação, nos anos de 2021 e 2022.....	20
Tabela 6 - Médias de massa seca (g) da raiz de variedades de feijão cultivados em solos de duas origens, com e sem inoculação, nos anos de 2021 e 2022.....	22
Tabela 7 - Teores médios de N (mg kg^{-1}) na parte aérea de variedades de feijão cultivados em solos de duas origens, com e sem inoculação, nos anos de 2021 e 2022.....	23
Tabela 8 - Médias dos teores de N (mg kg^{-1}) nos grãos de variedades de feijão cultivados em solos de duas origens, com e sem inoculação, nos anos de 2021 e 2022.....	25
Tabela 9 - Valores médios de altura (cm) de inserção da primeira vagem de variedades de feijão cultivados em solos de duas origens, com e sem inoculação, nos anos de 2021 e 2022.	26
Tabela 10 - Valores médios de número de vagens por planta de variedades de feijão cultivados em solos de duas origens, com e sem inoculação, nos anos de 2021 e 2022.....	27
Tabela 11 - Valores médios de números de grãos por vagem de variedades de feijão cultivados em solos de duas origens, com e sem inoculação, nos anos de 2021 e 2022.....	Erro!
Indicador não definido.	
Tabela 12 - Valores médios para massa (g) de grãos de variedades de feijão cultivados em solos de duas origens, com e sem inoculação, nos anos de 2021 e 2022...	Erro! Indicador não definido.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

FBN – Fixação Biológica de Nitrogênio

DBC – Delineamento Blocos Casualizados

UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

EPAGRI – Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

N – Nitrogênio

pH – Potencial Hidrogeniônico

H₂O – Água

DE – Dias para Emergência

DF – Dias para 50% de Florescimento

DM – Dias para Maturação

AIV – Altura de Inserção de Vagem

NVP – Número de Vagens por Planta

NGV – Número de Grãos por Vagem

MG – Massa de Grãos

MSPA – Matéria Seca de Parte Aérea

MSR – Matéria Seca da Raiz

MSNA – Matéria Seca de Nódulos Ativos

MSNI – Matéria Seca de Nódulos Inativos

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
1.1 OBJETIVOS	3
1.1.1 Objetivo geral	3
1.1.2 Objetivos específicos	3
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
2.1 VARIEDADES CRIOULAS DE FEIJOEIRO: UM OLHAR SOBRE A AGRICULTURA FAMILIAR.....	5
2.2 SISTEMAS DE PRODUÇÃO AGROECOLÓGICOS: RUMO À RESILIÊNCIA.....	6
2.2 FIXAÇÃO BIOLÓGICA DO NITROGÊNIO NO FEIJOEIRO.....	6
3 MATERIAL E MÉTODOS	8
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	8
3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	9
3.3 OBTENÇÃO E CULTIVO DAS SEMENTES.....	10
3.4 AVALIAÇÃO FENOLÓGICA.....	12
3.5 PESAGEM DE NÓDULOS ATIVOS E INATIVOS, DA PARTE AÉREA E RAIZ.....	12
3.6 AVALIAÇÃO DOS COMPONENTES DE RENDIMENTO.....	13
3.7 DETERMINAÇÃO DO N DA PARTE AÉREA E DE GRÃOS.....	13
3.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	14
4. RESULTADOS	15
4.1 AVALIAÇÃO DA FENOLOGIA.....	15
4.2 AVALIAÇÃO DA MASSA SECA DE NÓDULOS.....	16
4.3 AVALIAÇÃO DA MASSA SECA DA PARTE AÉREA E RAIZ.....	20
4.4 TEORES DE NITROGÊNIO.....	23
4.5 AVALIAÇÃO DOS COMPONENTES DE RENDIMENTO.....	26
5. DISCUSSÃO	32
5.1 FENOLOGIA.....	32
5.2 MASSA SECA DE NÓDULOS.....	33

5.3 MASSA DE PARTE AÉREA E RAIZ.....	37
5.4 TEORES DE N.....	39
5.5 COMPONENTES PRODUTIVOS.....	41
6. CONCLUSÕES.....	47
REFERÊNCIAS.....	48

1 INTRODUÇÃO

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) destaca-se como uma das culturas mais relevantes na agricultura familiar brasileira, sendo uma leguminosa essencial na dieta diária em diversos países da América Latina e África. Além disso, constitui a principal fonte de proteína na alimentação dessas populações (SALVADOR, 2018; DALCHIAVON et al., 2016). O cultivo do feijão desempenha um papel crucial na garantia da segurança alimentar dos brasileiros, visto que é um dos alimentos mais consumidos em todo o país (CONAFER, 2020).

Aproximadamente 89% das sementes de feijão utilizadas no país são de variedades crioulas, cultivadas principalmente por agricultores familiares. Essas sementes, selecionadas pelas qualidades desejadas e mantidas de geração para geração, são fundamentais para as práticas agrícolas dessas famílias (MICHELS et al., 2014). A agricultura familiar engloba todas as atividades rurais em áreas com menos de 4 módulos fiscais e emprega mão-de-obra familiar nas atividades e na gestão do estabelecimento rural (MAPA, 2022).

Devido às características intrínsecas da agricultura familiar, torna-se possível a seleção de materiais que demonstrem adaptabilidade às condições climáticas específicas de uma determinada região, bem como outras propriedades, incluindo resistência a doenças e pragas comuns na cultura, juntamente com eficiência na fixação biológica de nitrogênio (FBN). Esses atributos ganham relevância especialmente em variedades empregadas em sistemas agroecológicos (PALÁCIO FILHO et al., 2011; BARBOSA et al., 2010).

Nesse contexto, a forma de cultivo praticado por agricultores familiares se configura como uma estratégia de conservação *in situ on farm*, conservando os alelos associados a características que conferem rusticidade, estabilidade e ampla adaptabilidade a variações ambientais (LONDRES, 2014). Essa abordagem é fundamental para a conservação de espécies, influenciando as interações socioculturais das comunidades que cultivam essas variedades (PAIVA et al, 2019).

O manejo *in situ on farm* integra-se bem aos agroecossistemas de base agroecológica, fundamentados em princípios agronômicos, ecológicos e socioeconômicos que valorizam práticas resilientes de produção, frequentemente utilizadas pelos agricultores familiares, com reduzida dependência de insumos externos (ALTIERI, 2004).

Estudos abordam os princípios do sistema agroecológico, explorando a importância das raízes na eficiência produtiva em condições de estresses abióticos, pois a capacidade das plantas em captar água e nutrientes é crucial (ALMEIDA et al., 2018). Os feijões crioulos,

com sua variabilidade genética, conservam atributos específicos relacionados ao sistema radicular, conferindo-lhes vantagens em situações adversas (TSUTSUMI et al., 2015).

Adicionalmente, estudos destacam as interações das variedades crioulas com a microbiota do solo, especialmente em relação à fixação biológica de nitrogênio (FBN) (DUARTE, 2009; LUIZ, 2014; DA SILVA et al., 2020). Isso ocorre devido à habilidade das plantas da família Fabaceae em estabelecer simbioses com rizóbios presentes no solo. Essa associação torna-se vantajosa ao fornecer nitrogênio, resultando na redução dos custos de produção e minimizando o impacto ambiental (KRAESKI, 2020; PASQUALINI, 2008; EMBRAPA, 2014).

A FBN oferece uma alternativa valiosa para os produtores da agricultura familiar, potencializando o desempenho das variedades crioulas. Identificar variedades adaptadas localmente e eficientes na FBN pode contribuir para a disseminação de estirpes de rizóbios benéficas, promovendo o crescimento vegetativo e o aumento na produção final (MERCANTE et al., 1992; ROCHA, 2013; EMBRAPA, 2014).

Neste contexto, torna-se relevante investigar a adaptação de diferentes variedades de feijoeiro comum em sistema agroecológico de produção para que se obtenham resultados em relação ao seu comportamento quando submetido à inoculação buscando a melhor resposta na FBN. Portanto, as informações das características específicas dos materiais são essenciais, tornando-se uma ferramenta importante na tomada de decisão na implantação de uma cultura.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Comparar o desempenho agrônômico de diferentes variedades de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) sujeitas à inoculação com estirpes selecionadas de rizóbios, quando cultivadas em solos provenientes de sistemas de cultivo agroecológicos e convencionais.

1.1.2 Objetivos específicos

- a) Avaliar a nodulação e sua contribuição para o acúmulo de nitrogênio na parte aérea e nos grãos das plantas de feijão.
- b) Analisar o impacto da estirpe comercial na formação de massa de nódulos ativos e inativos, raízes, parte aérea e produção de grãos das variedades de feijão testadas.
- c) Investigar a resposta das variedades crioulas e de uma variedade padrão a título de comparação à inoculação com estirpes *Rhizobium tropici* SEMIA 4077 e SEMIA 4080.
- d) Examinar o desempenho da FBN em variedades crioulas de feijão cultivadas em solos de origem agroecológica e convencional.
- e) Avaliar o desempenho de variedades crioulas de feijão, analisando componentes produtivos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 VARIEDADES CRIOULAS DE FEIJOEIRO: UM OLHAR SOBRE A AGRICULTURA FAMILIAR

O feijoeiro destaca-se por sua notável adaptabilidade a diversos ambientes, revelando considerável variabilidade morfológica, genética e fisiológica quando comparado a outras espécies cultivadas (FERNANDES, 2017; EMBRAPA, 2003). Apesar de sua significativa presença na agricultura brasileira, sua produção ainda se mostra aquém de países tais como Índia e Mianmar, líderes na produção com aproximadamente 5,8 e 5,3 milhões de toneladas, respectivamente, enquanto o Brasil registrou cerca de 3.041 mil toneladas na safra de 2022/2023 (FAOSTAT, 2021; CONAB, 2023). Tal cenário é influenciado pelo cultivo em solos pouco férteis e pelas características morfológicas da cultura, como sistema radicular superficial, ciclo curto e alta exigência de nutrientes, especialmente nitrogênio (OLIVEIRA, 2014).

Em Santa Catarina, a diversidade de variedades de feijão é notável, apresentando variações morfológicas e agronômicas mantidas por agricultores de pequenas e médias propriedades. Essas variedades crioulas desempenham um papel crucial como fonte de alimento e renda para a agricultura familiar (PEREIRA et al., 2012). Os agricultores frequentemente utilizam sementes próprias, selecionadas anualmente de acordo com características desejáveis, caracterizando-as como sementes crioulas (COELHO, 2010).

Dada a importância dessas variedades para a subsistência de famílias no campo, sustentando a estabilidade dos pequenos agricultores, da agricultura familiar e do sistema agrícola catarinense, as variedades crioulas também podem ser consideradas patrimônio cultural do meio rural, pois, se baseiam nas práticas utilizadas relacionadas ao conhecimento associado a essas variedades que são repassadas aos descendentes dos grupos familiares (SOARES; ALBA 2009; MAZOYER; ROUDART, 2010; ZILIO, 2010).

Consideram-se sementes crioulas aquelas que não foram submetidas a melhoramento genético clássico por meio de técnicas específicas da indústria. O termo "crioulo" é atribuído a essas sementes devido à manipulação de seu germoplasma por agricultores familiares e comunidades tradicionais, incluindo indígenas, caboclos, quilombolas, entre outros (BARBOSA et al., 2015).

A superioridade potencial das sementes de feijão crioulo em termos fisiológicos, em comparação com as cultivares comerciais de base genética mais restrita, foi destacada por Coelho et al. (2010) e Schlindwein et al., (2008). Em alinhamento com essa constatação, Fioreze et al. (2018) conduziram um estudo comparativo envolvendo 14 variedades crioulas de feijoeiro e duas variedades comerciais. As variedades crioulas não apenas demonstraram maior variabilidade genética na resistência à antracnose, mas também foram consideradas superiores aos cultivares comerciais em relação aos componentes de produção (FIOREZE et al., 2018).

2.2 SISTEMAS DE PRODUÇÃO AGROECOLÓGICOS: RUMO À RESILIÊNCIA

A produção em sistemas agroecológicos, pautada por técnicas diferenciadas e respeito ao conhecimento local, busca a resiliência econômica e ecológica, reduzindo a dependência de insumos externos (BRASIL, 2003). A agroecologia, composta por diversas correntes (biodinâmica, orgânica, biológica, natural, ecológica, regenerativa e permacultura), enfatiza a importância do saber local na busca por soluções para os desafios enfrentados pelos agricultores em suas propriedades (ALTIERI, 2004; DAROLT, 2010).

Essa abordagem propicia uma compreensão renovada sobre a utilização dos recursos naturais para a subsistência de comunidades em diversas regiões. Esses conhecimentos muitas vezes demandam tecnologias de baixo custo, fazendo uso de insumos provenientes do próprio agroecossistema em que as propriedades estão inseridas (ALTIERI, 2004; COSTABEBER, 2006).

Assim, a compreensão do saber local/tradicional emerge como uma ferramenta crucial para orientar práticas agrícolas apropriadas, adaptadas às necessidades específicas de grupos de agricultores e aos distintos agroecossistemas regionais (ALTIERI, 2004).

No decorrer desses processos, as transformações no manejo dos agroecossistemas tendem a ser contínuas. Isso viabiliza a adoção de abordagens diversas na agricultura, promovendo a conservação do meio ambiente, reduzindo os custos de produção e contribuindo para o incremento da renda dos agricultores. Ademais, essas práticas propiciam a oferta de produtos com qualidade nutricional elevada, isentos de resíduos de produtos químicos, atendendo às demandas do consumo da população (COSTABEBER, 2006; SILVA; SILVA, 2016).

2.2 FIXAÇÃO BIOLÓGICA DO NITROGÊNIO NO FEIJOEIRO

A eficiência da FBN no feijoeiro está intrinsecamente ligada à interação entre a bactéria, a planta hospedeira e o ambiente (BRANCO; PRATES JÚNIOR, 2022). Para otimizar esse processo em variedades de feijão, é essencial considerar fatores tais como a competição com rizóbios nativos, as variações de temperatura do solo e as características específicas da estirpe de bactéria utilizada (HUNGRIA; CAMPOS; MENDES, 2001; VIEIRA et al., 2005).

Além disso, características do feijoeiro, tais como sensibilidade a fatores bióticos e abióticos, devem ser levadas em conta, impactando o desempenho da FBN (REIS JUNIOR et al., 2011; HUNGRIA; FRANCO, 1993; TAYLOR et al., 1991; MERCANTE et al., 1992). A escolha adequada de estirpes de rizóbios, entre eles o *R. tropici*, os teores de matéria orgânica do solo e cultura antecessora são cruciais para o sucesso da inoculação e, conseqüentemente, para o suprimento de nitrogênio às plantas (HUNGRIA et al., 2003; FAGERIA, 1983; FRAGA; SALCEDO, 2004; BOT; BENITES, 2005).

O potencial de nodulação e a FBN estão diretamente relacionados à presença de genes específicos nas bactérias, os quais são transmitidos por meio de plasmídeos. Esses elementos transferem esses genes dentro das espécies de um determinado gênero bacteriano, ocorrendo com menor frequência entre diferentes gêneros (REMIGI et al., 2016). Conseqüentemente, esse compartilhamento genético acarreta instabilidade genética nas estirpes de rizóbios (FERNANDES, 2017).

Diante da relevância das estirpes de *R. tropici*, é crucial salientar que sua resistência a estresses e estabilidade não apenas as tornam ideais para a produção de inoculantes comerciais, mas também desempenham um papel vital no fortalecimento da capacidade do feijoeiro em alcançar um desempenho ótimo na FBN (PEREIRA et al., 1984; PELEGRIN et al., 2009; MARTÍNEZ-ROMERO et al., 1991; STRALIOTTO, 2002; BRITO et al., 2011).

Essas características, aliadas à recomendação e aprovação pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), conforme estabelecido na Instrução Normativa N° 13/SDA/2011, consolidam as estirpes SEMIA 4077 (CIAT 899), SEMIA 4080 (PRF 81) e SEMIA 4088 (H 12) como elementos fundamentais na busca por práticas agrícolas sustentáveis e eficientes para o cultivo do feijoeiro (MAPA, 2011).

Essa ênfase nas estirpes resistentes e aprovadas não apenas reforça a importância da seleção criteriosa de inoculantes, mas também destaca o compromisso com o aprimoramento contínuo das práticas agrícolas, visando otimizar a produção de feijão e promover a

sustentabilidade do sistema agrícola como um todo. Essa abordagem integrada, fundamentada em estudos científicos e diretrizes regulatórias, representa um passo significativo em direção a uma agricultura mais eficaz e ecologicamente consciente (REMIGI et al., 2016; LINDSTROM; MOUSAVI, 2019).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Os experimentos foram conduzidos em uma casa de vegetação localizada na sede da UFSC Curitibanos. A casa de vegetação é coberta por filme plástico de 150 micra e conta com sistema de ventilação para regular a temperatura do ambiente. Não dispõe de sistemas de iluminação e irrigação. Para a realização dos experimentos, foram utilizados vasos plásticos de 11 litros, preenchidos com os solos em estudo, os quais foram então colocados em mesas de aço galvanizado vazadas.

Os solos utilizados no experimento foram coletados nas áreas agroecológica e convencional das Áreas Experimentais da UFSC – Campus Curitibanos, localizadas à latitude 27°16'34" S e longitude 50°30'10" W, a uma altitude aproximada de 1050 m. O solo é classificado como Cambissolo Háptico de textura argilosa, conforme a classificação da Embrapa (2006). A região apresenta um clima do tipo *Cfb* temperado, mesotérmico úmido, com verões amenos, e a temperatura média varia entre 15°C e 25°C. A precipitação média anual é de 1.500 a 1.700 mm, segundo a classificação de Köppen (CEPA, 2003).

As culturas antecessoras das áreas experimentais agroecológica e convencional foram cultivadas em seus devidos sistemas por aproximadamente dez e onze anos, respectivamente. Considerando as diferenças entre os sistemas de cultivo, na agricultura convencional, agrotóxicos são aplicados em diferentes escalas, enquanto na agricultura agroecológica, esses compostos são evitados para promover o equilíbrio entre plantas, solo e organismos coexistentes, com o intuito de preservar a biodiversidade e gerar benefícios sociais e econômicos aos agricultores (MORRO; SCHNITZLER, 2021).

Na área de manejo agroecológico geralmente foram produzidos milho e feijão na safra de verão, com permanência em pousio ou cultivo de aveia na safra de inverno consorciada com espécies de cobertura verde que eventualmente foram semeadas. Para a área de manejo convencional, os cultivos dos últimos três anos foram com feijão ou pousio.

Amostras de solo das duas áreas foram encaminhadas para análise dos principais parâmetros como: concentração de macro e micronutrientes, pH (H₂O) e teor de matéria orgânica, entre outros atributos (Tabela 1). De acordo com a interpretação das análises, foi realizada a correção do pH do solo e dos principais macronutrientes (N, P, K), conforme a orientação para a cultura do feijão (SBCS, 2016).

Tabela 1 - Caracterização química dos solos das áreas experimentais, na profundidade de 0-20 cm, empregados nos experimentos com diferentes variedades de feijão, com e sem inoculação em casa de vegetação em 2021 e 2022.

Variáveis *	Convencional		Agroecológico	
	2020	2021	2020	2021
pH (H ₂ O)	5,1	4,9	5,8	6,3
Ca ²⁺ (Cmol./dm ³)	3,5	3,1	6,1	9,4
Mg ²⁺ (Cmol./dm ³)	2,5	1,9	3,3	4,5
V (%)	42,6	33,4	60,6	76,7
MO (g kg ⁻¹)	39,9	34,1	30,3	36,7
Al (mg dm ³)	10,5	21,6	0,0	0,0
P (mg dm ³)	2,4	6,8	6,0	7,7
K (mg dm ³)	58,5	58,5	39,0	62,4
CTC pH 7.0 (Cmol. dm ³)	14,5	15,6	15,7	18,4

*pH (H₂O): pH em água; Ca²⁺: Cálcio; Mg²⁺: Magnésio; V: Saturação por bases; MO: Matéria orgânica; Al: Alumínio; P: Fósforo; K: Potássio; CTC pH 7.0: Capacidade de troca de cátions em pH 7.0.

Com base na análise de solo, trinta (30) dias antes da semeadura foram incorporados ao volume de solo de 440 litros, correspondente à 40 vasos de 11 litros de solo agroecológico, 1,3 kg de cama de aviário, 0,05 kg de fosfato natural e 0,906 kg de carbonato de cálcio, respectivamente. No mesmo volume (440 L) de solo convencional foram incorporados, 0,83 kg de cama de aviário, 0,1 kg de fosfato natural e 1,43 kg de carbonato de cálcio.

Para o segundo ano de experimento, o mesmo volume total de solos foi utilizado e as mesmas quantidades de cama de aviário no solo de origem agroecológica e convencional, ou seja, 1,5 kg de adubo de aves. Além disso, utilizou-se 1,71 kg de carbonato de cálcio, equivalente a 32% de Ca (MAPA, 2019), para correção do pH do solo de origem convencional e cama de aviário para NPK, considerando os teores médios de MO, P₂O₅ e K₂O encontrados em cama de aves, conforme Manual de adubação e calagem para os estados do RS e de SC (SBCS, 2016).

Contudo, a quantidade de cama de aviário utilizada na correção de potássio, que possui maior deficiência nos dois solos, supriu a demanda de nitrogênio e fósforo.

3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados (DBC) em esquema fatorial 4x2x2, ou seja, três variedades crioulas e uma variedade comercial, que foram testadas com e sem inoculação de rizóbios em solos oriundos de duas formas de manejo

(agroecológico e convencional), portanto 16 tratamentos. O experimento foi composto por quatro tratamentos (variedades) com cinco repetições (blocos) para cada um.

Cada parcela experimental foi composta por um vaso com onze litros de solo coletado de área em sistema de cultivo agroecológico ou um vaso com solo coletado de área em sistema convencional. Em um conjunto de parcelas as sementes de feijão foram inoculadas com a mistura das estirpes de *Rhizobium tropici*, SEMIA 4077 e SEMIA 4080, de acordo com as recomendações do fabricante. Para outro conjunto de parcelas (controle) não foi realizada a inoculação das sementes. O experimento foi realizado inicialmente em 2021 e repetido em 2022.

3.3 OBTENÇÃO E CULTIVO DAS SEMENTES

As variedades crioulas de feijão Vermelho, Vinte e Costa Rica foram originalmente cedidas por agricultores familiares da região e mantidas na UFSC Curitibanos. As referidas variedades foram cultivadas em casa de vegetação na Área Sede da UFSC – Centro de Ciências Rurais, Campus Curitibanos nos anos de safra 2020/2021 e 2021/2022 (período de 2 anos) (Tabela 2). Para efeitos comparativos foi também empregada a variedade comercial IPR Tuiuiú.

Tabela 2 - Características morfológicas das variedades de feijão utilizados nos experimentos com solos provenientes de áreas com manejo agroecológico e convencional, com e sem inoculação, nos anos de 2021 e 2022.

Níveis de domesticação	Nome	Cor	Hábito de crescimento	Arquitetura	Origem	Ano de coleta
Variedade	Vermelho	Vermelho	Determinado	Ereto	UFSC	2021
Variedade	Costa Rica	Preto	Indeterminado	Prostrado	Frei Rogério SC	2021
Variedade	Vinte	Preto	Indeterminado	Prostrado	Frei Rogério SC	2021
Cultivar	Tuiuiú	Preto	Determinado	Ereto	Doação	2021

Fonte: A autora.

As sementes dos tratamentos foram acondicionadas em sacos plásticos, e posteriormente realizou-se o sorteio ao acaso para identificar aquelas que iriam receber o inoculante. As mesmas foram levadas ao laboratório para aplicação do inoculante em ambiente esterilizado para evitar que o material inoculado fosse contaminado, lembrando que

as sementes não foram esterilizadas anteriormente. Em capela de fluxo laminar, aplicou-se 1 ml do inoculante líquido de *Rhizobium tropici* com as estirpes SEMIA 4077 e 4080 nas sementes acondicionadas nos sacos plásticos, tomando o cuidado para que todas as sementes tivessem contato com o inoculante. Em seguida, as embalagens foram vedadas e juntamente com os demais tratamentos foram levadas à casa de vegetação para a semeadura.

Os plantios dos experimentos foram realizados manualmente, nos dias 25 de novembro de 2020 e 19 de novembro de 2021, respectivamente. Em cada vaso (parcela) foram semeadas, inicialmente, cinco sementes das variedades selecionadas.

O desbaste foi realizado após as plantas obterem aproximadamente 12 cm, sendo selecionadas as duas maiores plantas, em cada vaso, que apresentavam bom desenvolvimento, sem aparente doença ou deficiência. O desbaste ocorreu no dia 7 de dezembro de 2020 (13 DAP- Dias após o plantio) para o primeiro ano de experimento e 7 de dezembro de 2021 (19 DAP) para o segundo ano de experimento.

Simultaneamente, foi realizada a limpeza manual de plantas espontâneas e acrescentada palhada de trigo cultivado em solo convencional da área experimental da UFSC, nos vasos com objetivo de auxiliar na manutenção da umidade do solo e diminuir a ocorrência de plantas espontâneas. É importante salientar que não foi realizada adubação de cobertura após o plantio e também não foi realizado controle químico de plantas invasoras e insetos.

Foi realizada, em ambos os anos, a reinoculação nos devidos tratamentos, trinta dias após a semeadura. O inoculante comercial utilizado no plantio foi levado à capela de fluxo laminar e acondicionado em becker de 100 ml devidamente esterilizado, com o volume necessário para todos os tratamentos inoculados no plantio. Após, o recipiente foi vedado com papel alumínio e levado à casa de vegetação para aplicação de 1 ml do inoculante com ajuda de pipeta graduada esterilizada nos vasos correspondentes (inoculados), próximo da base das plantas.

Na planta coletada no período de floração, foram mensuradas: massas das matérias úmida e seca de nódulos ativos e inativos, parte aérea e raiz e teor de N da parte aérea determinado, de acordo com o método de Kjeldahl (NOGUEIRA; SOUZA, 2005).

Nas plantas coletadas ao final do ciclo, os seguintes dados foram avaliados: dias para maturação (DM); altura de inserção de vagem (AIV); número de vagens por planta (NVP); número de grãos por vagem (NGV); massa de grãos (MG); produção por planta, teor de N no grão, determinado de acordo com o método de Kjeldahl (NOGUEIRA; SOUZA, 2005).

3.4 AVALIAÇÃO DA TEMPERATURA E FENOLOGIA

Para complementação das informações, os dados de temperatura média externa ocorridos durante o ciclo da cultura nos dois anos de experimento foram coletados. No segundo ano de experimento (2021/2022), a partir do dia 7 de dezembro de 2021 até 22 de fevereiro de 2022 foi realizada a aferição da temperatura do ambiente (casa de vegetação) com aparelho automático da marca Logger.

Também foi verificada a temperatura do solo do dia 14 a 20 de dezembro de 2021 nos horários das 9 e 15 horas. Para essa averiguação foram instalados quatro termômetros de solo em locais distintos nos experimentos. Além disso, foi realizada a medição da temperatura horária do dia 20 de dezembro a partir das 20 horas até às 20 horas do dia 21 de dezembro (24 horas).

A determinação dos dias para a emergência ocorreu quando 50% dos cotilédones tornaram-se visíveis (EMBRAPA, 2018). A avaliação dos dias para o florescimento de 50% baseou-se na observação das plantas que atingiram esse estágio, enquanto a maturação foi definida no momento em que as vagens perderam a cor e começaram a secar, adquirindo a coloração característica da variedade (EMBRAPA, 2018). É relevante destacar que essas avaliações abrangem desde o plantio até o ponto visualmente observado em cada tratamento e suas repetições.

3.5 PESAGEM DE NÓDULOS ATIVOS E INATIVOS, DA PARTE AÉREA E RAIZ

Uma planta foi coletada quando mais de 50% das flores do mesmo tratamento estavam abertas. Cada planta foi removida integralmente do substrato, com especial atenção para a coleta dos nódulos, e levada ao laboratório, onde foi separada das raízes mediante um corte na base do colo da planta.

A parte aérea foi pesada em uma balança analítica e acondicionada em sacos de papel Kraft de gramatura entre 80 e 125 g. Posteriormente, o material foi levado a uma estufa com ventilação forçada, mantendo a temperatura entre 60°C e 65°C, por cerca de 3 dias ou até atingir a completa secagem, sendo então pesado para obtenção da massa seca (EMBRAPA, 2009).

As raízes foram lavadas para remoção do substrato, com o cuidado de preservar os nódulos. Em seguida, foram dispostas em placas de Petri para a separação dos nódulos ativos e inativos. A distinção entre os nódulos foi feita pela cor interna, avermelhada para os ativos e

amarronzada ou acinzentada para os inativos. A massa da matéria seca dos nódulos foram obtidas após a secagem em estufa a 45°C, até completa desidratação.

As raízes restantes foram pesadas e acondicionadas em sacos de papel Kraft, levadas para estufa com ventilação forçada e temperatura entre 60°C e 65°C, até completa desidratação, sendo então pesadas para obtenção da massa seca (EMBRAPA, 2009).

3.6 AVALIAÇÃO DOS COMPONENTES DE RENDIMENTO

A colheita das plantas ao término do ciclo ocorreu entre os dias 3 e 4 de março de 2021 e 11 de fevereiro de 2022. Inicialmente, foi medida a altura a partir do substrato até a inserção da primeira vagem em todos os vasos, utilizando uma trena. Posteriormente, as vagens de cada planta foram removidas e contadas, sendo acondicionadas em sacos de papel Kraft. Em seguida, o número de grãos por vagem foi mensurado, e o peso dos grãos de cada planta foi verificado (KAPPES et al., 2008).

3.7 DETERMINAÇÃO DO N DA PARTE AÉREA E DE GRÃOS

A avaliação do teor de N dos grãos foi realizada por meio do seguinte procedimento. Inicialmente, as amostras do material vegetal e grãos desidratados foram moídas em um liquidificador doméstico e peneiradas, utilizando o pó resultante da peneira granulométrica de 250 micrômetros como amostra. O processo de análise do N nas amostras envolveu três etapas: digestão, destilação e titulação. Cerca de 100 mg de cada amostra foram pesados em uma balança analítica de precisão, juntamente com 1 g de uma mistura de sais (Sulfato de Potássio e Cobre), sendo acondicionados em tubos de ensaio de 100 ml.

Em seguida, os tubos foram adicionados com 3 ml de ácido sulfúrico (H_2SO_4) e 1 ml de água oxigenada a 30% (H_2O_2), sendo colocados em um bloco digestor e aquecidos lentamente até atingir 180°C, mantendo-se nessa temperatura por aproximadamente uma hora, seguido de aumento para 350°C permanecendo por duas horas.

A solução resultante, líquida e translúcida de cor verde, foi levada ao destilador, conectado a um Erlenmeyer de 100 ml contendo 5 ml de ácido bórico (H_3BO_3 2%) com indicadores (verde-de-bromocresol 0,1% e vermelho-de-metila 0,04%). Com a adição de 20 ml de Hidróxido de Sódio (NaOH 40%), iniciou-se a destilação até atingir 50 ml de solução, que adquiriu coloração verde. Em seguida, foi realizada a titulação com ácido clorídrico (HCl 0,01 M) até a viragem da solução para a cor vinho. As quantidades de titulador utilizadas

foram registradas para todas as amostras (parte aérea e grãos), e o conteúdo resultante foi descartado adequadamente.

Todas as etapas do processo de análise seguem o método de Kjeldahl (1883), que converte o nitrogênio da amostra em sulfato de amônio por meio da digestão com ácido sulfúrico. Em seguida, ocorre a destilação, liberando amônia que é retida em solução ácida e, finalmente, a titulação é realizada para determinar o nitrogênio presente na amostra (MAPA, 2022).

3.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para todas as variáveis analisadas, foram realizados os testes de normalidade dos resíduos (SHAPIRO; WILK, 1965) e a homogeneidade das variâncias (LEVENE, 1960), transformando-as quando necessário. Também foi realizada análise das variâncias pelo teste F, e quando significativo, foi aplicado teste de comparação de médias pelo método de Tukey com o nível de significância de 5%. As análises foram realizadas empregando rotinas do R (R CORE TEAM, 2016).

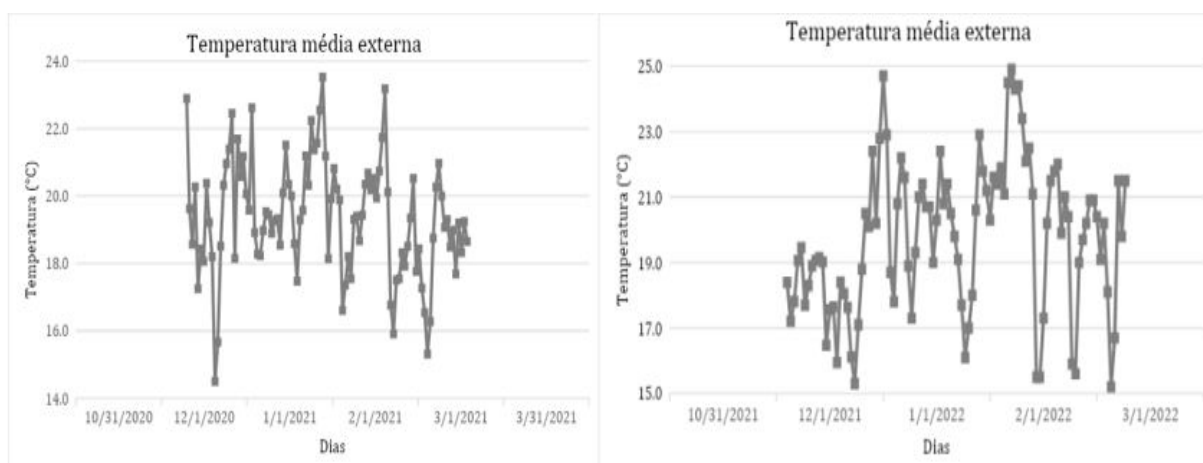
4. RESULTADOS

4.1 TEMPERATURA, DIAS PARA EMERGÊNCIA, FLORESCIMENTO E MATURAÇÃO

As médias de temperaturas registradas em Curitibanos - SC foram coletadas das estações meteorológicas CIRAM/EPAGRI, localizadas no campus da UFSC (Figura 1).

No primeiro ano de experimento os dados demonstram que as temperaturas registradas de 25 de novembro de 2020 a 4 de março de 2021, que compreende o período entre o plantio e a colheita do experimento, oscilaram entre 14,5°C e 23,5°C. No segundo experimento, de 19 de novembro de 2021 a 22 de fevereiro de 2022, as temperaturas variaram entre 15,2°C e 24,9°C. As temperaturas internas e dos solos não foram coletadas no primeiro experimento.

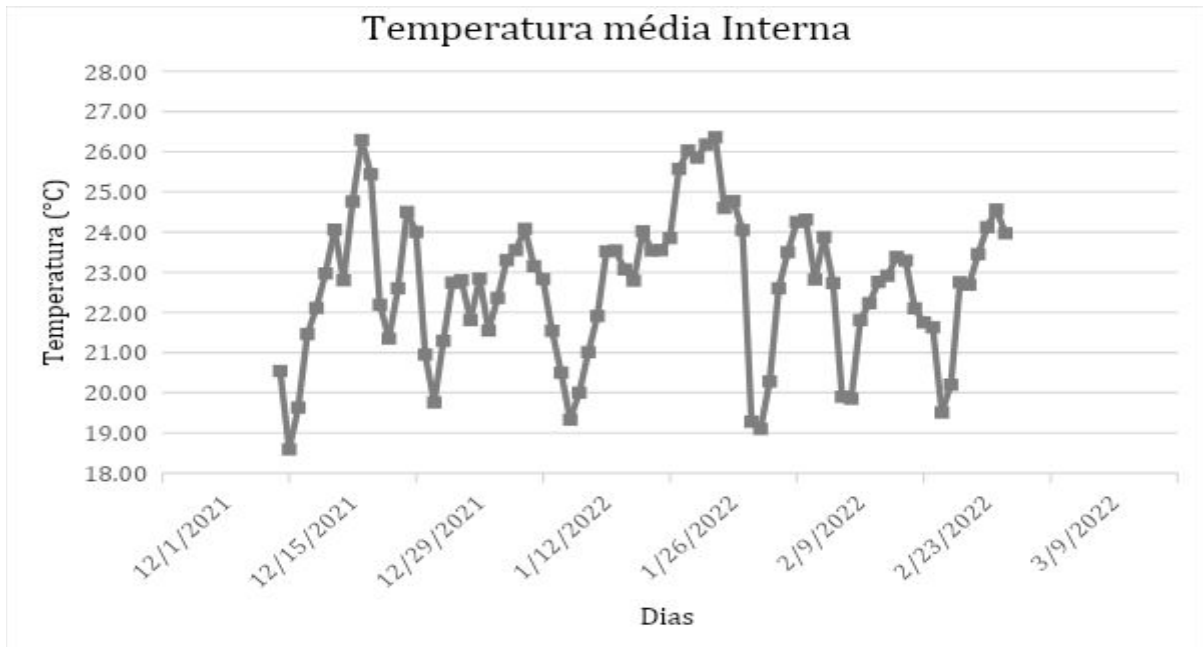
Figura 1 - Temperatura média (°C) registrada em Curitibanos - SC nos dois anos de experimentos. (melhorar resolução!)



Fonte: UFSC (2021); ESTAÇÃO CIRAM/EPAGRI (2022).

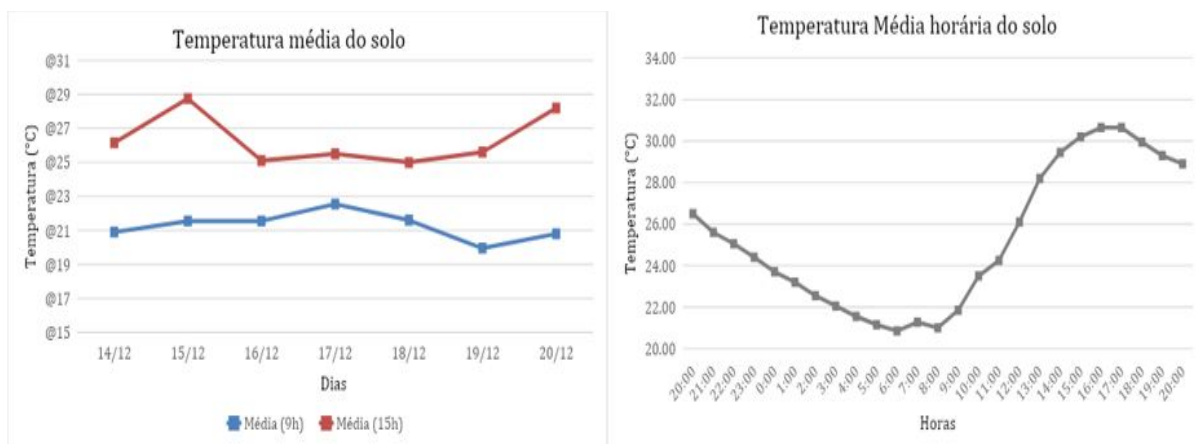
As temperaturas médias internas no segundo ano de experimento, compreendendo de 07 de dezembro de 2021 a 29 de fevereiro de 2022, variaram entre 18,5°C a 26,3°C (Figura 2). Enquanto, as temperaturas médias do solo, no período de 14 a 20 de dezembro de 2021, às 9 horas da manhã, variaram de 19°C a 24°C e às 15 horas oscilaram entre 22°C e 29°C (Figura 3). No intervalo das 20 horas do dia 20 de dezembro até às 20 horas de 21 de dezembro de 2021, ou seja, durante 24 horas, as temperaturas variaram entre 20,8°C e 30,6°C.

Figura 2 - Temperatura média (°C) registrada em casa de vegetação de 7 de dezembro de 2021 a 22 de fevereiro de 2022.



Fonte: A autora (2023).

Figura 3 - Temperatura média do solo (°C), em experimento realizado em casa de vegetação no Campus de Curitibanos (UFSC), em dezembro de 2021.



Fonte: A autora (2023).

4.2 AVALIAÇÃO DA MASSA SECA DE NÓDULOS

Os resultados demonstraram que em 2021 ocorreu interação tripla, ou seja, entre variedades, solo e inoculação. Já em 2022, verificou-se a interação simples entre as

variedades (Tabela 3). No experimento conduzido em 2021, a var. Tuiuiú em solo agroecológico se destacou das demais variedades para massa seca de nódulos ativos com 0,134 g. No segundo experimento, as variedades apresentaram resultados semelhantes, com exceção da var. Vermelho que nos dois experimentos apresentaram os menores resultados.

Tabela 3 - Médias de massa seca (g) de nódulos ativos em variedades de feijão cultivados em solos de duas origens, com e sem inoculação, nos anos de 2021 e 2022.

Ano	Variedade	Condução	Inoculação		Média	
			Com	Sem		
2021	CR	Agroecológica	0,030	0,022	0,026 cB	
		Convencional	0,065	0,072	0,068 aA	
		Média	0,047	0,047	0,047	
	Tuiuiú	Agroecológica	0,116	0,152	0,134 aA	
		Convencional	0,054	0,053	0,053 aB	
		Média	0,085	0,102	0,094	
	Vinte	Agroecológica	0,049	0,102	0,076 bA	
		Convencional	0,049	0,068	0,059 aA	
		Média	0,049	0,085	0,067	
	Vermelho	Agroecológica	0,005	0,010	0,007 cA	
		Convencional	0,002	0,014	0,008 bA	
		Média	0,003	0,012	0,008	
			CV	49,99		
	Média			0,046 b	0,062 a	0,054
	2022	CR	Agroecológica	0,055	0,111	0,083
Convencional			0,073	0,469	0,271	
Média			0,064	0,290	0,177 a	
Tuiuiú		Agroecológica	0,097	0,111	0,104	
		Convencional	0,142	0,118	0,130	
		Média	0,119	0,114	0,117 ab	
Vinte		Agroecológica	0,126	0,078	0,102	
		Convencional	0,050	0,079	0,064	
		Média	0,088	0,079	0,083 ab	
Vermelho		Agroecológica	0,061	0,064	0,063	
		Convencional	0,058	0,053	0,055	
		Média	0,059	0,058	0,059 b	
			CV	54,52		
Média				0,083	0,135	0,109

Fonte: A autora (2023).

Média¹ da inoculação dentro de cada nível de variedade e solo. Média² do solo dentro de cada nível de variedade e inoculação. Média³ da inoculação para o respectivo ano. Letra minúscula na coluna comparam as variedades

para cada nível de solo. Letras maiúsculas na coluna comparam o solo em cada nível de variedade. Letras minúsculas na linha comparam com e sem inoculação.

Em relação aos solos estudados, somente no primeiro experimento houve interação entre os mesmos, destacando o solo convencional na var. Costa Rica e o solo agroecológico na var. Tuiuiú.

Na avaliação dos dados de inoculação para MSNA, somente no primeiro ano de experimento (2021) os tratamentos sem inoculação se destacaram com média superior de 25% em relação aos tratamentos que foram submetidos à inoculação em relação aos inoculados (0,062 e 0,046 g, respectivamente).

Para a variável massa seca de nódulos inativos os dados apresentaram em 2021 interação tripla entre os fatores, enquanto, em 2022 ocorreu a interação dupla entre as variedades e os solos estudados.

Entre as variedades em 2021 (Tabela 4), a var. Tuiuiú em solo agroecológico com inoculação se destacou das demais variedades na mesma condição. Em solo convencional com inoculação as var. Vinte e Vermelho se destacaram das demais com médias de 0,051 g, e 0,019 g.

Para os tratamentos sem inoculação em solo agroecológico e convencional as var. Tuiuiú 0,026 g e 0,065 g e Vermelho (0,019 g e 0,030 g) apresentaram massas secas superiores às demais variedades.

No segundo experimento (2022), a var. Tuiuiú obteve destaque em solo agroecológico com 0,085 g. Em solo convencional a var. Vermelho obteve a menor média de massa seca de nódulos inativos, sendo que as demais variedades apresentaram resultados superiores e semelhantes entre si.

Entre os dois solos testados em 2021, nos tratamentos inoculados, o solo agroecológico se destacou na var. Tuiuiú (0,021 g). Enquanto que nos tratamentos sem inoculação a var. Costa Rica se destacou no solo convencional.

No segundo experimento (2022), o solo agroecológico obteve os melhores resultados entre as variedades, com exceção da var. Vermelho.

No que diz respeito à inoculação em 2021, foram observadas diferenças significativas para a var. Tuiuiú em solo convencional, onde os tratamentos não inoculados se sobressaíram aos inoculados. Enquanto que, a var. Vinte em solo convencional inoculada com a estirpe de *Rhizobium tropici* (SEMIA 4077 e 4080) se diferenciou dos tratamentos não inoculados.

Tabela 4 - Médias de massa seca (g) de nódulos inativos de variedades de feijão cultivados em solos de duas origens, com e sem inoculação, nos anos de 2021 e 2022.

Ano	Variedade	Condução	Inoculação		Média
			Com	Sem	
2021	CR	Agroecológica	0,003 bA	0,003 bB	0,003
		Convencional	0,003 bA	0,008 bcA	0,005
		Média	0,003	0,005	0,004
	Tuiuiu	Agroecológica	0,021 aA	0,026 abA	0,023
		Convencional	0,008 ab B	0,065 aA*	0,036
		Média	0,015	0,045	0,030
	Vinte	Agroecológica	0,011 abA	0,008 aA	0,009
		Convencional	0,051 aA*	0,005 cA	0,028
		Média	0,031	0,006	0,019
	Vermelho	Agroecológica	0,019 abA	0,019 aA	0,019
		Convencional	0,019 aA	0,030 abA	0,025
		Média	0,019	0,025	0,022
		CV	51,25		
Média			0,017	0,020	0,019
2022	CR	Agroecológica	0,057	0,043	0,050 abA
		Convencional	0,013	0,026	0,019 aB
		Média	0,035	0,035	0,035
	Tuiuiu	Agroecológica	0,092	0,079	0,085 aA
		Convencional	0,014	0,020	0,017 aB
		Média	0,053	0,049	0,051
	Vinte	Agroecológica	0,047	0,040	0,043 bA
		Convencional	0,016	0,042	0,029 aB
		Média	0,031	0,041	0,036
	Vermelho	Agroecológica	0,006	0,013	0,009 cA
		Convencional	0,004	0,005	0,005 bA
		Média	0,005	0,009	0,007
		CV	40,06		
Média			0,031	0,033	0,032

Fonte: A autora (2023).

Médias¹ da inoculação dentro de cada nível de variedade e solo. Médias² do solo dentro de cada nível de variedade e inoculação. Média³ da inoculação para o respectivo ano. Letras minúsculas na linha comparam variedades dentro de cada nível de inoculação; Letras maiúsculas na linha comparam inoculação dentro de cada nível de variedade para o ano de 2021; Letra minúscula na coluna comparam as variedades dentro de cada nível de solo; Letras maiúsculas na coluna comparam a origem do solo em cada nível de variedade para o ano de 2022.

4.3 AVALIAÇÃO DA MASSA SECA DA PARTE AÉREA E RAIZ

Os resultados da massa seca da parte aérea para o ano de 2021, apresentaram interação entre as variedades e solos, demonstrando que as variedades em solo agroecológico e convencional apresentaram resultados semelhantes entre si, diferentes da var. Vermelho que obteve a menor média de massa seca da parte aérea.

Tabela 5 - Médias de massa seca (g) da parte aérea de variedades de feijão cultivados em solos de duas origens, com e sem inoculação, nos anos de 2021 e 2022.

Ano	Variedade	Solo	Inoculação		Média ¹	
			Com	Sem		
2021	CR	Agroecológica	9,2	10,6	9,9 aA	
		Convencional	7,4	8,	7,9 aB	
		Média²	8,3	9,5	8,9	
	Tuiuiú	Agroecológica	11,4	12,8	12,1 aA	
		Convencional	8,5	8,5	8,5 aB	
		Média	9,9	10,6	10,3	
	Vinte	Agroecológica	12,2	12,4	12,3 aA	
		Convencional	8,4	8,1	8,2 aB	
		Média	10,3	10,2	10,3	
	Vermelho	Agroecológica	6,3	7,3	6,8 bA	
		Convencional	4,4	5,2	4,8 bB	
		Média	5,4	6,2	5,8	
			CV	8,92		
	Média³			8,5	9,2	8,8
	2022	CR	Agroecológica	12,2 abA	12,3 abA	12,2
Convencional			15,8 aA	14,3 abA	15,1	
Média			14,0	13,3	13,7	
Tuiuiú		Agroecológica	5,7 cB	15,3 aA*	10,5	
		Convencional	15,2 aA	15,6 aA	15,4	
		Média	10,5	15,4	12,9	
Vinte		Agroecológica	14,2 aA	12,8 abB	13,5	
		Convencional	16,4 aA	16,9 aA	16,6	
		Média	15,3	14,6	15,0	
Vermelho		Agroecológica	9,6 abA	8,8 bA	9,2	
		Convencional	9,5 bA	9,9 bA	9,7	
		Média	9,5	9,4	9,5	
			CV	8,84		
Média				12,3	13,1	12,7

Fonte: A autora (2023).

Médias¹ da inoculação dentro de cada nível de variedade e solo. Médias² do solo dentro de cada nível de variedade e inoculação. Média³ da inoculação para o respectivo ano. Letra minúscula na coluna comparam as variedades dentro de cada nível de solo e letras maiúsculas na coluna comparam o solo em cada nível de

variedade para o ano de 2021. Letras minúsculas comparam variedades, letras maiúsculas comparam solo; * indica diferença significativa na inoculação para o ano de 2022.

No caso dos tratamentos sem inoculação em solo agroecológico a var. Tuiuiú (15,3 g e 15,6 g) se destacou das demais variedades e no solo convencional repetiu o desempenho juntamente com a var. Vinte (16,9 g).

Na análise comparativa entre os solos em 2021, as variedades cultivadas em solo agroecológico demonstraram médias superiores de massa seca da parte aérea em comparação com aquelas observadas no solo convencional.

Entretanto, em 2022, o solo convencional apresentou desempenho superior na var. Tuiuiú com inoculação em relação ao solo agroecológico. Da mesma forma, na var. Vinte sem inoculação, o solo convencional foi estatisticamente superior ao agroecológico.

No que diz respeito à inoculação em 2022, observou-se uma diferença estatisticamente significativa para essa variável com a var. Tuiuiú no tratamento sem inoculação em solo agroecológico.

Com relação à massa seca das raízes no ano de 2021, houve efeito significativo entre as variedades testadas, assim como para o fator inoculação (Tabela 6). Em 2022, houve efeito entre os três fatores testados (variedades, solo, inoculação).

No primeiro ano experimental, a var. Tuiuiú se destacou das outras variedades testadas com média de 1,1 g. No experimento posterior (2022), a var. Tuiuiú apresentou média de massa seca superior de 1,6 g para a variável analisada, cultivada em solo convencional submetida à inoculação, sendo que a var. Costa Rica obteve resultado semelhante com 1,4 g na mesma condição.

No segundo ano experimental, a var. Tuiuiú apresentou média superior às demais variedades em solo agroecológico e convencional sem inoculação.

Quanto aos solos testados, no segundo experimento ocorreu diferença significativa entre o solo convencional com inoculação nas var. Tuiuiú e Costa Rica em relação ao agroecológico. Enquanto que o solo agroecológico se diferenciou na var. Vermelho com inoculação.

Nos tratamentos sem inoculação, o solo convencional se sobressaiu nas var. Tuiuiú e Vinte, já o agroecológico se diferenciou na var. Vermelho em relação ao convencional. No ano de 2021, constatou-se que a média geral dos tratamentos sem inoculação (0,8 g) foi superior àquela registrada em resposta aos tratamentos com inoculação. No segundo ano de

experimento verificou-se que o tratamento com inoculação em solo agroecológico na var. Vinte se sobressaiu ao sem inoculação.

Tabela 6 - Médias de massa seca (g) da raiz de variedades de feijão cultivados em solos de duas origens, com e sem inoculação, nos anos de 2021 e 2022.

Ano	Variedade	Solo	Inoculação		Média ¹	
			Com	Sem		
2021	CR	Agroecológica	0,6	0,6	0,6	
		Convencional	0,6	0,7	0,7	
		Média²	0,6	0,7	0,6 b	
	Tuiuiú	Agroecológica	1,0	1,2	1,1	
		Convencional	1,0	1,1	1,1	
		Média	1,0	1,2	1,1 a	
	Vinte	Agroecológica	0,7	0,8	0,7	
		Convencional	0,6	0,6	0,6	
		Média	0,7	0,7	0,7 b	
	Vermelho	Agroecológica	0,5	0,5	0,5	
		Convencional	0,4	0,5	0,4	
		Média	0,4	0,5	0,5 c	
			CV	19,71		
		Média³		0,7 b	0,8 a	0,7
	2022	CR	Agroecológica	0,8 aB	1,0 abA	0,9
Convencional			1,4 aA	1,2 bA	1,3	
Média			1,1	1,1	1,1	
Tuiuiú		Agroecológica	1,0 aB	1,1 aB	1,1	
		Convencional	1,6 aA	1,7 aA	1,6	
		Média	1,3	1,4	1,4	
Vinte		Agroecológica	0,9 aA	0,6 bB	0,8	
		Convencional	0,9 bA	1,2 bA	1,1	
		Média	0,9	0,9	0,9	
Vermelho		Agroecológica	0,8 aA	0,8 abA	0,8	
		Convencional	0,4 cB	0,5 cB	0,4	
		Média	0,6	0,6	0,6	
			CV	20,59		
		Média		1,0	1,0	1,0

Fonte: A autora (2023).

Médias¹ da inoculação dentro de cada nível de variedade e solo. Médias² do solo dentro de cada nível de variedade e inoculação. Médias³ da inoculação para o respectivo ano. Letra minúscula na coluna comparam as variedades para o ano de 2021; Letras minúsculas comparam variedades; Letras maiúsculas comparam solo; * indica diferença significativa na inoculação para o ano de 2022.

4.4 TEORES DE NITROGÊNIO

Os resultados para a variável Nitrogênio da parte aérea apresentaram no primeiro ano de experimento a interação entre os três fatores avaliados e no segundo ano as interações simples entre as variedades assim como para os tratamentos com e sem inoculação.

Tabela 7 - Teores médios de N (g kg^{-1}) na parte aérea de variedades de feijão cultivados em solos de duas origens, com e sem inoculação, nos anos de 2021 e 2022.

Ano	Variedade	Solo	Inoculação		Média ¹
			Com	Sem	
2021	CR	Agroecológica	35,4 aA*	25,2 bB	30,3
		Convencional	29,1 aB	29,4 abA	29,3
		Média²	32,2	27,3	29,8
	Tuiuiú	Agroecológica	33,8 aA	37,2 aA	35,5
		Convencional	29,8 aA	34,3 aA	32,1
		Média²	31,8	35,8	33,8
	Vinte	Agroecológica	35,5 aA	33,9 aA	34,7
		Convencional	29,8 aB	27,6 bB	28,7
		Média²	32,7	30,8	31,7
	Vermelho	Agroecológica	31,7 aA	32,4 aA	28,9
		Convencional	25,8 aB	26,1 bB	26,0
		Média²	28,8	29,3	27,4
		CV	6,03		
Média³			31,4	30,8	30,7
2022	CR	Agroecológica	21,8	25,1	23,4
		Convencional	20,5	21,8	21,2
		Média²	21,1	23,4	22,3 b
	Tuiuiú	Agroecológica	22,5	24,0	23,3
		Convencional	22,6	22,0	22,3
		Média²	22,5	23,0	22,8 b
	Vinte	Agroecológica	18,6	26,7	22,6
		Convencional	20,1	19,7	19,9
		Média²	19,3	23,2	21,3 b
	Vermelho	Agroecológica	26,5	25,9	26,2
		Convencional	24,7	30,0	27,3
		Média²	25,6	27,9	26,8 a
		CV	20,32		
Média			22,1 b	24,4 a	23,3

Fonte: A autora (2023).

Médias¹ da inoculação dentro de cada nível de variedade e solo. Médias² do solo dentro de cada nível de variedade e inoculação. Médias³ da inoculação para o respectivo ano. Letras minúsculas na coluna comparam as variedades dentro de cada nível de solo; Letras minúsculas na linha comparam variedades dentro de cada nível

de inoculação e letras maiúsculas na linha comparam inoculação dentro de cada nível de variedade para o ano de 2021; Letra minúscula na coluna comparam as variedades para o ano de 2022.

Para a variável teor de N na parte aérea, os resultados destacados na Tabela 7 permitem perceber que, em 2021, as variedades mantiveram médias semelhantes entre si quando submetidas à inoculação em solo agroecológico e convencional.

Nos tratamentos sem inoculação, a var. Costa Rica se destacou apresentando média de teor de N na parte aérea inferior em solo agroecológico, enquanto que a var. Tuiuiu se destacou em solo convencional em relação às demais variedades. No segundo experimento, a var. Vermelho se diferenciou das demais variedades apresentando acúmulo superior de N na parte aérea (26,81 g).

Entre os solos avaliados, em 2021, verificou-se que o solo agroecológico se destacou do convencional nos tratamentos com inoculação nas var. Vinte, Costa Rica e Vermelho. Nos tratamentos sem inoculação o solo agroecológico se sobressaiu ao convencional nas variedades Vinte e Vermelho, já o convencional se diferenciou na var. Costa Rica.

No que diz respeito à inoculação, no primeiro experimento, os dados apontam que ocorreu diferença significativa entre a var. Costa Rica com inoculação em relação ao não inoculado em solo agroecológico. No segundo experimento (2022), a média dos tratamentos não inoculados se sobressaiu à média dos tratamentos que foram submetidos à inoculação.

Em relação ao teor de N nos grãos (Tabela 8), em 2021, foram observadas as interações entre as médias das variedades e inoculação, assim como a interação dos solos pesquisados. No segundo experimento (2022), os dados sinalizam a interação simples entre as médias das variedades estudadas.

No ano de 2021, a var. Vermelho (59,1 g e 58,3 g) apresentou médias de nitrogênio nos grãos superior às demais variedades para os tratamentos com e sem inoculação. Simultaneamente, no ano de 2022 a var. Vermelho (48,3 g) novamente se destacou das demais variedades com média superior para a variável estudada (Tabela 7).

Quanto aos solos testados, no primeiro ano as variedades cultivadas em solo convencional alcançaram médias mais elevadas para o teor de nitrogênio no grão em comparação ao solo agroecológico. No entanto, em 2022, não foram registradas diferenças significativas entre os tratamentos para essa variável.

Tabela 8 - Médias dos teores de N (g kg^{-1}) nos grãos de variedades de feijão cultivados em solos de duas origens, com e sem inoculação, nos anos de 2021 e 2022.

Ano	Variedade	Solo	Inoculação		Média ¹
			Com	Sem	
2021	CR	Agroecológica	45,3	45,5	45,4 b
		Convencional	53,9	55,3	54,6 a
		Média²	49,6 bA	50,4 bA	50,0
	Tuiuiú	Agroecológica	34,8	47,5	41,1 b
		Convencional	39,2	51,9	45,5 a
			37,0 cB	49,7 bA	43,3
	Vinte	Agroecológica	51,6	49,0	50,3 b
		Convencional	52,3	50,8	51,5 a
		Média	51,9 abA	49,9 bA	50,9
	Vermelho	Agroecológica	58,2	57,7	57,9 b
		Convencional	60,0	59,0	59,5 a
		Média	59,1 aA	58,3 aA	58,7
		CV	13,23		
	Média³		49,4	52,1	50,7
	2022	CR	Agroecológica	34,6	36,2
Convencional			34,3	32,2	33,3
Média			34,5	34,2	34,3 b
Tuiuiú		Agroecológica	32,8	54,4	43,6
		Convencional	33,8	36,8	35,3
			33,3	45,6	39,5 b
Vinte		Agroecológica	42,0	33,1	37,5
		Convencional	32,8	39,3	36,1
		Média	37,4	36,2	36,8 b
Vermelho		Agroecológica	50,0	47,2	48,6
		Convencional	48,2	47,7	48,0
		Média	49,1	47,5	48,3 a
		CV	5,68		
Média			38,6	40,9	39,7

Fonte: A autora (2023).

Médias¹ da inoculação dentro de cada nível de variedade e solo. Médias² do solo dentro de cada nível de variedade e inoculação. Médias³ da inoculação para o respectivo ano. Letras minúsculas na linha comparam variedades dentro de cada nível de inoculação e letras maiúsculas na linha comparam inoculação dentro de cada nível de variedade para o ano de 2021; Letra minúscula na coluna comparam as variedades para o ano de 2022.

Com relação à inoculação, os dados demonstram que os tratamentos sem inoculação se destacaram dos inoculados na var. Tuiuiú para essa variável no ano de 2021 (Tabela 8).

4.5 AVALIAÇÃO DOS COMPONENTES DE RENDIMENTO

Os dados de altura de inserção da primeira vagem mostraram que no primeiro experimento ocorreu a interação entre as variedades e solos estudados e no segundo experimento, destacou-se a interação entre as variedades.

Tabela 9 - Valores médios de altura (cm) de inserção da primeira vagem de variedades de feijão cultivados em solos de duas origens, com e sem inoculação, nos anos de 2021 e 2022.

Ano	Variedade	Solo	Inoculação		Média ¹	
			Com	Sem		
2021	CR	Agroecológica	7,4	7,8	7,6 bB	
		Convencional	9,4	11,2	10,3 bA	
		Média²	8,4	9,5	8,9	
	Tuiuiú	Agroecológica	9,0	9,0	9,0 bB	
		Convencional	9,2	9,6	9,4 bA	
		Média	9,1	9,3	9,2	
	Vinte	Agroecológica	8,2	6,6	7,4 bB	
		Convencional	8,8	9,0	8,9 bA	
		Média	8,5	7,8	8,1	
	Vermelho	Agroecológica	9,8	10,0	9,9 aB	
		Convencional	12,0	12,0	12,0 aA	
		Média	10,9	11,0	10,9	
			CV	8,4		
	Média³			9,2	9,4	9,3
	2022	CR	Agroecológica	14,8	16,0	15,4
Convencional			16,0	14,6	15,3	
Média			15,4	15,3	15,3 b	
Tuiuiú		Agroecológica	13,4	14,4	13,9	
		Convencional	15,0	15,2	15,1	
		Média	14,2	14,8	14,5 b	
Vinte		Agroecológica	16,3	13,8	15,0	
		Convencional	17,2	16,6	16,9	
		Média	16,7	15,2	15,9 b	
Vermelho		Agroecológica	20,6	18,8	19,7	
		Convencional	21,0	20,2	20,6	
		Média	20,8	19,5	20,1 a	
			CV	15,5		
Média				16,7	16,2	16,4

Fonte: A autora (2023).

Médias¹ da inoculação dentro de cada nível de variedade e solo. Médias² do solo dentro de cada nível de variedade e inoculação. Médias³ da inoculação para o respectivo ano. Letra minúscula na coluna comparam as

variedades dentro de cada nível de solo e letras maiúsculas na coluna comparam o solo em cada nível de variedade para o ano de 2021; Letra minúscula na coluna comparam as variedades para o ano de 2022.

Em 2021, a var. Vermelho se destacou quanto à altura de inserção da primeira vagem com 10,9 e 20,1 cm em solo agroecológico e convencional, respectivamente. No segundo experimento (2022) a var. Vermelho novamente se destacou das demais variedades para a variável testada (Tabela 9).

Tabela 10 - Valores médios de número de vagens por planta de variedades de feijão cultivados em solos de duas origens, com e sem inoculação, nos anos de 2021 e 2022.

Ano	Variedade	Solo	Inoculação		Média ¹
			Com	Sem	
2021	CR	Agroecológica	14,2	13,6	13,9 a
		Convencional	12,0	9,4	10,7 b
		Média²	13,1	11,5	12,3
	Tuiuiú	Agroecológica	11,4	13,6	12,5 a
		Convencional	9,2	10,2	9,7 b
		Média	10,3	11,9	11,1
	Vinte	Agroecológica	12,4	12,2	12,3 a
		Convencional	11,8	10,4	11,1 b
		Média	12,1	11,3	11,7
	Vermelho	Agroecológica	11,8	10,4	11,1 a
		Convencional	9,2	9,4	9,3 b
		Média	10,5	9,9	10,2
		CV	10,6		
Média³			11,5	11,1	11,3
2022	CR	Agroecológica	14,0	12,2	13,1 aA
		Convencional	11,4	11,8	11,6 aA
		Média	12,7	12,0	12,3
	Tuiuiú	Agroecológica	9,6	10,0	9,8 bA
		Convencional	11,6	11,4	11,5 aA
		Média	10,6	10,7	10,6
	Vinte	Agroecológica	9,2	10,0	9,6 bA
		Convencional	11,8	10,6	11,2 aA
		Média	10,5	10,3	10,4
	Vermelho	Agroecológica	7,4	8,2	7,8 bB
		Convencional	11,4	14,0	12,7 aA
		Média	9,4	11,1	10,2
		CV	20,8		
Média			10,8	11,0	10,9

Fonte: A autora (2023).

Médias¹ da inoculação dentro de cada nível de variedade e solo. Médias² do solo dentro de cada nível de variedade e inoculação. Médias³ da inoculação para o respectivo ano. Letras minúsculas na coluna comparam as variedades dentro de cada nível de solo para o ano de 2021. Letra minúscula na coluna comparam as variedades dentro de cada nível de solo e letras maiúsculas na coluna comparam a origem do solo em cada nível de variedade para o ano de 2022.

Para a variável altura de inserção de vagem em 2021, o solo convencional mostrou-se superior nas variedades testadas.

Em relação ao número de vagens por planta, em 2021, verificou-se a interação simples entre os dois solos estudados. No segundo experimento, foram observadas as interações entre as variedades e entre os solos estudados.

Portanto no ano de 2021, os dados demonstram que os solos agroecológicos se destacaram do convencional em todas as variedades testadas. Em 2022, entre as variedades a Costa Rica se destacou das demais variedades em solo agroecológico. Já em solo convencional as variedades se comportaram de forma semelhante (Tabela 10).

Quanto aos solos testados, em 2022, observou-se que houve diferença para o solo convencional em relação ao agroecológico na var. Vermelho (Tabela 10).

Em relação ao número de grãos por vagem observou-se no primeiro ano de avaliação valores similares de grãos para as variedades, com exceção da var. Vermelho que produziu o menor número de grãos com valores médios de 4 grãos (Tabela 11).

No segundo ano, a var. Tuiuiú se destacou das outras variedades testadas em solo agroecológico com inoculação. A var. Vermelho teve o menor número de grãos nos solos agroecológicos e convencional nos tratamentos inoculados e sem inoculação (Tabela 11).

No primeiro experimento, todas as variedades cultivadas em solo convencional apresentaram diferenças significativas em relação ao solo agroecológico.

No segundo experimento, a var. Vinte e Costa Rica cultivadas em solo convencional e inoculadas apresentaram número de grãos por vagem superior ao agroecológico (Tabela 11). Enquanto que o solo agroecológico se destacou nos tratamentos sem inoculação na var. Vinte.

Quanto a inoculação os dados apontam que os tratamentos sem inoculação em solo agroecológico se sobressaíram na var. Costa Rica e Vinte. Enquanto que, os tratamentos inoculados se diferenciaram em solo convencional na var. Vinte.

Tabela 11 - Valores médios de números de grãos por vagem de variedades de feijão cultivados em solos de duas origens, com e sem inoculação, nos anos de 2021 e 2022.

Ano	Variedade	Solo	Inoculação		Média ¹
			Com	Sem	
2021	CR	Agroecológica	4,2	5,0	4,6 aB
		Convencional	4,9	5,5	5,2 aA
		Média²	4,6	5,2	4,9
	Tuiuiú	Agroecológica	4,7	4,6	4,6 aB
		Convencional	4,9	4,9	4,9 aA
		Média	4,8	4,7	4,8
	Vinte	Agroecológica	4,0	4,8	4,4 aB
		Convencional	5,0	5,1	5,1 aA
		Média	4,5	4,9	4,7
	Vermelho	Agroecológica	2,0	2,1	2,1 bB
		Convencional	2,2	2,4	2,3 bA
		Média	2,1	2,3	2,2
		CV	17,9		
Média³			4,0	4,3	4,2
2022	CR	Agroecológica	2,6 bB	4,8 aA*	3,7
		Convencional	5,1 aA	5,6 aA	5,3
		Média	3,8	5,2	4,5
	Tuiuiú	Agroecológica	4,9 aA	4,9 aA	4,9
		Convencional	5,3 aA	5,4 abA	5,3
		Média	5,1	5,2	5,1
	Vinte	Agroecológica	3,3 bB*	5,5 aA	4,4
		Convencional	5,2 aA*	4,3 bB	4,8
		Média	4,2	4,9	4,6
	Vermelho	Agroecológica	2,3 bA	2,1 bA	2,2
		Convencional	2,0 bA	1,8 cA	1,9
		Média	2,1	1,9	2,0
		CV	16,7		
Média			3,8	4,3	4,1

Fonte: A autora (2023).

1 Médias da inoculação dentro de cada nível de variedade e solo. 2 Médias do solo dentro de cada nível de variedade e inoculação. 3 Média da inoculação para o respectivo ano. Letra minúscula na coluna comparam as variedades dentro de cada nível de solo; Letras maiúsculas na coluna comparam o solo em cada nível de variedade para o ano de 2021. Letras minúsculas comparam variedades; Letras maiúsculas comparam solo; * indica diferenças na inoculação para o ano de 2022.

Para a variável massa média de grãos em 2021, ocorreu comportamento semelhante entre as variedades, destacando os valores médios de 12 g a 15 g de massa de grãos (Tabela 12).

Tabela 12 - Valores médios para massa (g) de grãos de variedades de feijão cultivados em solos de duas origens, com e sem inoculação, nos anos de 2021 e 2022.

Ano	Variedade	Solo	Inoculação		Média ¹		
			Com	Sem			
2021	CR	Agroecológica	14,1	16,4	15,3		
		Convencional	14,6	15,3	14,9		
		Média²	14,4	15,8	15,1 a		
	Tuiuiú	Agroecológica	15,7	17,6	16,6		
		Convencional	13,1	14,9	14,0		
		Média	14,4	16,2	15,3 a		
	Vinte	Agroecológica	14,3	14,9	14,6		
		Convencional	16,2	14,2	15,2		
		Média	15,3	14,5	14,9 a		
	Vermelho	Agroecológica	14,5	12,3	13,4		
		Convencional	11,8	12,7	12,3		
		Média	13,1	12,5	12,8 a		
		CV	20,7				
Média³			14,3	14,8	14,5		
2022	CR	Agroecológica	11,6	abA	13,0	aA	12,3
		Convencional	14,6	aB	15,7	abA	15,1
		Média	13,1		14,3		13,7
	Tuiuiú	Agroecológica	12,8	aB	12,8	aB	12,8
		Convencional	15,5	aA	15,8	aA	15,7
		Média	14,2		14,3		14,2
	Vinte	Agroecológica	8,5	bB	13,0	aA	10,7
		Convencional	14,7	aA	12,2	bcA	13,4
		Média	11,6		12,6		12,1
	Vermelho	Agroecológica	9,9	abA	10,0	aA	9,9
		Convencional	12,0	aA	12,1	cA	12,0
		Média	10,9		11,0		11,0
		CV	16,7				
Média			12,4		13,1		12,7

Fonte: A autora (2023).

Médias¹ da inoculação dentro de cada nível de variedade e solo. Médias² do solo dentro de cada nível de variedade e inoculação. Médias³ da inoculação para o respectivo ano. Letra minúscula na coluna comparam as variedades para o ano de 2021; Letras minúsculas comparam variedades; letras maiúsculas comparam inoculação; * indica diferenças na inoculação para o ano de 2022.

No ano seguinte (2022), a var. Tuiuiú em solo agroecológico com inoculação obteve os valores médios mais elevados para variável massa de grãos. Assim como em solo convencional sem inoculação a mesma variedade se destacou entre as variedades.

No mesmo ano experimental, o solo convencional se destacou nas var. Tuiuiú e Vinte com inoculação e o agroecológico na var. Costa Rica. Enquanto que, o solo convencional se diferenciou do agroecológico sem inoculação na var. Tuiuiú. Os demais tratamentos não apresentaram diferenças significativas.

5. DISCUSSÃO

5.1 TEMPERATURA, DIAS PARA EMERGÊNCIA, FLORESCIMENTO E MATURAÇÃO

No que diz respeito à comparação entre as temperaturas ambiente externa e as registradas na casa de vegetação no segundo experimento, observa-se que a diferença varia de 2°C a 5°C a mais no ambiente interno. Destaca-se que as temperaturas ideais para o rendimento máximo do feijoeiro situam-se entre 12°C e 29°C (SILVA; HEINEMANN, 2021). Assim, verifica-se que, mesmo com a diferença considerável entre os ambientes, as temperaturas médias nos dois experimentos permaneceram dentro dessa faixa ideal para a cultura.

Durante o período de 14 a 20 de dezembro de 2021, as médias das temperaturas do solo às 9 e 15 horas se situaram em níveis ideais para o desenvolvimento da cultura do feijoeiro. Contudo, é crucial ressaltar a ocorrência de picos de temperatura acima do ideal, especialmente durante o florescimento e a formação de vagens no segundo experimento.

Os dados de temperatura horária em 20 de dezembro (24 horas) indicam que, entre 14 e 19 horas, a temperatura do solo ficou acima do ideal para o feijoeiro, apresentando uma diferença de aproximadamente 10°C entre a temperatura mínima interna e a máxima do solo, sugerindo possíveis prejuízos no desenvolvimento da cultura (SILVA; HEINEMANN, 2021). Notavelmente, a temperatura mínima foi observada às 06:00, enquanto a máxima ocorreu às 16:00 e 17:00 horas.

A temperatura do solo exerce um impacto significativo nas plantas, influenciando-as desde a fase inicial da germinação da semente até a emergência, assim como ao longo do seu desenvolvimento. Extremos de temperatura podem induzir estresse térmico no tecido radicular, prejudicando a absorção de água e nutrientes. Esse fenômeno compromete não apenas o crescimento, mas também a produtividade das culturas, conforme destacado por Gasparim et al. em 2005.

Quanto aos dias para a emergência, todas as sementes apresentaram o mesmo padrão nos dois anos de experimentação, emergindo aproximadamente 5 a 7 dias após o plantio (OLIVEIRA et al., 2023). Por sua vez, o período para atingir 50% do florescimento ocorreu entre 40 e 45 dias após o plantio nos dois experimentos, com as fases relacionadas ocorrendo em datas específicas para cada ano. As variedades de feijão utilizadas nos experimentos

demonstraram comportamento semelhante, em conformidade com a literatura (JUSTINO; HEINEMANN, 2019).

Quanto à maturação das variedades de feijoeiro estudadas, foi observado que a mesma ocorreu entre 70 e 80 dias após plantio no primeiro e segundo ano, respectivamente. A maturação do feijoeiro acontece de maneira desuniforme, especialmente em variedades de crescimento indeterminado, apresentando folhas amarelas e primeiras vagens secas nessa fase (SILVA, 2023).

5.2 MASSA SECA DE NÓDULOS

De modo geral, a efetividade da FBN nos nódulos está associada a características tais como forma, tamanho, distribuição nas raízes e, principalmente, à cor. Nódulos ativos exibem coloração interna rósea ou vermelha, devido à presença de leghemoglobina, enquanto nódulos inativos, geralmente pequenos, podem ter cor interna verde ou branca devido à ausência dessa proteína (KUSDRA, 2002).

A produção de nódulos ativos foi aproximadamente 30% superior à dos inativos nos dois anos avaliados. Entre as variedades, a Tuiuí apresentou valores mais elevados para a massa seca de nódulos ativos. Já, a var. Vinte demonstrou similaridade à Tuiuí. Resultados similares foram obtidos com a var. Pérola para a qual observaram-se menores quantidades de nódulos inativos em comparação aos ativos (SILVA, 2019). No entanto, mesmo que estejam presentes em menor número, os nódulos inativos podem causar efeito negativo no processo de fixação de N resultando em menor biomassa, isso porque esses podem se comportar como um dreno de fotoassimilados (ATKINS, 1984; PAULETTO et al., 2020).

Neste caso, a possível explicação pode estar relacionada às dificuldades metodológicas para a avaliação dos nódulos no primeiro ano de experimento, principalmente para a var. Vermelho, a primeira a ser avaliada. A coleta das plantas foi realizada em um mesmo tempo em todas as parcelas existentes. A percepção da cor do interior dos nódulos muito pequenos e/ou aqueles que ficaram muito tempo fora do solo, pode ter dificultado a classificação correta dos mesmos, conforme descrito por HULTMAN (2018).

Lohn (2021) avaliou a capacidade de nodulação e FBN no feijoeiro var. Tuiuí utilizando nove isolados de rizóbios nativos da região de Curitiba – SC e a estirpe padrão de *R. tropici* SEMIA 4077. A massa seca de nódulos inativos da estirpe padrão foi superior. Os valores obtidos no ano de 2022 são similares aos obtidos no referido trabalho.

Estudos relatam a presença de nódulos inativos em menor número que os ativos, e isso pode estar associada à disponibilidade de N suficiente para o desenvolvimento da planta, não necessitando, assim complementação da FBN (HULTMAN, 2018; FERREIRA et al., 2009; PAULETTO et al., 2020).

No presente trabalho, a época para avaliação de nódulos ativos e inativos e teor de N na parte aérea foram padronizados para todas as variedades. No entanto, a variação nos ciclos das variedades pode influenciar a melhor época para avaliação. Em variedades de ciclo curto, a coleta antes dos 50% de florescimento pode resultar em maior número de nódulos ativos e, conseqüentemente, maior quantidade de N na parte aérea (ALCÂNTARA et al., 2009; ANDRIOLO et al., 1994).

Conforme evidenciado no estudo de Rocha (2013), a presença de nódulos foi identificada já a partir do 14º dia após o plantio, seguida por um aumento exponencial nos períodos subsequentes de avaliação: aos 14, 21, 28 e 35 dias após o plantio. Este padrão reforça a possibilidade de avaliação da efetividade dos nódulos em estágios anteriores aos 50% de florescimento, geralmente observados entre 40 e 45 dias após o plantio.

Em variedades comerciais que foram desenvolvidas para responder a adubação nitrogenada e que são mais homogêneas, tais como a var. Tuiuiú utilizada neste trabalho, o período estipulado para a avaliação pode estar de acordo com o momento em que se visualiza maior quantidade de nódulos. Porém, em variedades crioulas existe uma plasticidade fenotípica onde é mais difícil saber o momento correto para realizar essas avaliações (PENHA, 2018). Destacando que a avaliação deste parâmetro tem influência direta nos demais parâmetros avaliados (LOHN, 2021).

Importa ressaltar que o genótipo do feijão também influencia no número de nódulos ativos e inativos, no teor de N translocado. Contudo, da mesma forma, existe uma dificuldade de avaliar quanto da nodulação e FBN é positiva para cada variedade de feijão, pois o comportamento e a resposta aos rizóbios e a FBN, varia com o genótipo (ALCÂNTARA et al., 2009). Em certos casos, as variedades, especialmente aquelas com ciclos mais longos, demonstram respostas satisfatórias aos rizóbios nativos quando comparado aos presentes nos inoculantes comerciais (BERTOLDO et al., 2015).

Isso implica que pesquisas futuras devem examinar esses parâmetros antes que ocorra o florescimento de 50%, a fim de determinar se as variedades de ciclo mais curto exigem colheitas antes que 50% das flores se abram, pois, este é o estágio em que muitos nódulos inativos são observados. Por outro lado, para as variedades de ciclo mais longo, pode não ser necessário realizar colheitas antes desse ponto, mas ainda há questões a serem

esclarecidas na cultura do feijão em relação ao processo de FBN (Fixação Biológica de Nitrogênio) (GUNNABO et al., 2019).

Em um trabalho com duas variedades crioulas e duas cultivares comerciais de feijão, a porcentagem de massa de nódulos viáveis para a var. Preto tradicional, não diferiu estatisticamente do cultivar Tuiuiú, ambas inoculadas com *R. tropici* (MILCHESKI, 2018). Ainda nesse trabalho, a var. Carioca tradicional apresentou maior média para massa seca total de nódulos, sugerindo que as variedades testadas apresentaram potencial para nodulação. Nesse caso, o emprego do inoculante comercial CIAT 899 foi benéfico às plantas (MARTÍNEZ-ROMERO et al., 1991).

Valores médios de massa seca de nódulos ativos menores do que os observados no presente trabalho para a var. Tuiuiú inoculada com *R. tropici* cultivada e manejada em solo convencional da região de Curitiba foram obtidos por Valderrama (2021). Resultados similares aos obtidos no presente trabalho foram também obtidos em casa de vegetação com a var. TAA DAMA em solo inerte inoculado com *R. tropici* (WIBBELT, 2019).

Neste contexto, quando se considera no presente trabalho os tratamentos com e sem inoculação, foram observados resultados positivos para aqueles onde não foi feita a inoculação apresentando performance superior. Isso sugere que, provavelmente, a comunidade nativa de rizóbios e a mistura de estirpes comerciais competiram pelos sítios de nodulação, conforme discutido por OLIVEIRA et al., (2017) e FERREIRA et al. (2019).

Os resultados referentes à inoculação obtidos no presente trabalho contrastam com os resultados obtidos por Oliveira e Sbardelotto (2011), os quais observaram acréscimos entre 22,2% a 83% de matéria seca nos materiais inoculados em relação aos não inoculados. Assim, é provável que a estirpe comercial utilizada no presente trabalho promoveu uma baixa associação simbiótica devido a uma tendência de interação benéfica das estirpes nativas e as variedades em ambos os solos testados, tal como proposto por WEKESA; FURCH; OELMÜLLER, (2021).

Em consonância com os resultados obtidos no presente trabalho, Vargas et al., (1991) e Oliveira e Sbardelotto (2011), observaram em seus trabalhos que os tratamentos sem inoculação formaram nódulos, sugerindo a ação de bactérias nativas no solo utilizado. Neste caso, os autores verificaram que a formação de nódulos foi inferior a 50% nos tratamentos não inoculados em relação aos que receberam inoculação.

Como discutido anteriormente, o feijoeiro possui a característica de formar nódulos com diversos rizóbios, pois é uma planta natural das Américas e por isso já existe uma comunidade de rizóbios que evoluiu com a planta (EMBRAPA, 2012). No trabalho atual, a os

solos agroecológicos e convencionais apresentaram comportamentos semelhantes sugerindo, que pode ter ocorrido competição entre os rizóbios nativos e os rizóbios presentes no inoculante comercial utilizado, por sítios de infecção nas raízes conforme explicitado por HOWIESON; BALLARD (2005) e ANDRAUS (2014).

Geralmente, as estirpes nativas estão mais adaptadas às condições edafoclimáticas de cada região, mesmo que sua capacidade de fixação de nitrogênio seja baixa, quando comparadas com as estirpes dos inoculantes comerciais (MERCANTE; OTSUBO; BRITO, 2017). Rumjaneck et al. (2017) comprovaram a eficiência de estirpes nativas por meio do uso de inoculante alternativo utilizando raízes finas de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) e resultando em um acréscimo de 33% na produtividade.

Adicionalmente, não se descarta a possibilidade de que a baixa eficiência da inoculação no presente trabalho possa estar relacionada à baixa eficiência do inoculante bacteriano comercial utilizado, bem como à capacidade do feijoeiro em se associar a diferentes tipos de rizóbios, mesmo aquelas ineficazes para o processo de FBN (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). Tal como explicitado por Rufini et al., (2011), as bactérias nativas estão adaptadas às condições ambientais do solo obtendo vantagem quando precisam disputar com uma espécie comercial (RUFINI et al., 2011).

O feijão comum possui a capacidade de nodulação com várias espécies de rizóbios (BRITO et al., 2015). Os resultados encontrados por Valderrama (2021) confirmam essa hipótese, pois os isolados nativos utilizados em seu trabalho apresentaram massa seca de nódulos ativos semelhantes à estirpe comercial. Pelegrin et al. (2009), observaram que a nodulação nas plantas de feijoeiro que não receberam inoculante foi similar àquelas que receberam, destacando a capacidade de nodulação da população nativa de rizóbios no solo.

Em outro estudo, as cultivares de feijão inoculadas com as estirpes de *R. tropici* CIAT 899 (SEMIA 4077) e PRF 81 (SEMIA 4080), mostraram aumento do número e massa seca nódulos, quando comparadas com as plantas noduladas com rizóbios nativos (Mercante et al., 2006). Vargas et al. (1991) verificaram que independentemente da inoculação com *Rhizobium*, todas as plantas de feijoeiro apresentaram nodulação, indicando a presença e atividade de estirpes nativas. Resultados similares foram reportados por Hungria, Campos e Mendes (2003), os quais não observaram diferenças significativas no número de nódulos de feijoeiros inoculados com rizóbios, quando comparado com a nodulação proporcionada pela população nativa do solo.

Aroni (2020) indicou em seu trabalho com a var. de feijão TAA ADAMA que possivelmente ocorreram problemas para a adaptação da bactéria comercial de *Rhizobium*

tropici, os quais foram atribuídos às condições peculiares dos solos e temperaturas baixas da região de Curitiba comparativamente às condições da região de isolamento da estirpe comercial (Colômbia), região essa onde ocorrem temperaturas altas durante todo o ano (HUNGRIA; CAMPO; MENDES, 2000).

No presente trabalho, ao comparar os solos estudados, observou-se que nos dois anos de experimento o solo agroecológico obteve, na maioria dos tratamentos, resultados superiores para as variáveis avaliadas, sugerindo que o manejo baseado em práticas agroecológicas favorece a biologia do solo, como o efeito, a qualidade e disponibilidade de nutrientes, como destacado por OLIVEIRA (2015). Importa ressaltar que a área experimental agroecológica da UFSC – Campus Curitiba está de acordo com os princípios agroecológicos há aproximadamente 10 anos, empregando adubação de cobertura, menor revolvimento das camadas do solo, o que diminui a exposição do solo e proporciona temperatura estável do mesmo e favorece o desenvolvimento da microfauna edáfica, como descrito por VEZZANI; MIELNICZUK, (2009) e CUNHA et al. (2012).

Na mesma linha de pensamento, Kebede et al. (2020) destacam que a implementação de práticas agroecológicas no manejo do solo promove um ambiente propício para a microbiologia residente. Esta microbiologia desempenha um papel fundamental nas transformações benéficas do solo, incluindo o aumento da fertilidade (PORTUGAL; SANTOS, 2018). Um exemplo concreto desse fenômeno é a facilitação da disponibilização de N por meio FBN e da decomposição da matéria orgânica, resultante da decomposição de resíduos vegetais e da cultura antecessora (MERCANTE et al., 1999).

Essas constatações reforçam a tese de que historicamente o melhoramento genético negligenciou a interação entre as raízes do feijoeiro e a microbiologia do solo (HETRICK, 1991). Em vez disso, houve uma priorização significativa da parte aérea, direcionando os esforços das variedades comerciais para responderem predominantemente à adubação nitrogenada, visando alcançar maiores produtividades (COUTTS, 1983; BAILEY et al., 2002; ZHU et al., 2010).

5.3 MASSA DE PARTE AÉREA E RAIZ

A avaliação da massa seca de parte aérea (MSPA) possibilita estimar o potencial de produção de uma cultura, assim como, selecionar estirpes para a produção de inoculantes (XAVIER et al., 2006; SOUZA et al., 2008; ANTUNES et al., 2011; ZILLI et al., 2006). De

acordo com Toller et al. (2009), a MSPA é indispensável nas avaliações, pois está diretamente ligada ao N acumulado pelas plantas.

O sistema radicular das plantas se relaciona com a parte aérea, fornecendo água e nutrientes (SALYSBURY; ROSS, 1991; MOREIRA, 2004). A parte aérea, por sua vez, se relaciona com as raízes por meio do fornecimento de fotoassimilados (OLIVEIRA et al., 2018).

Neste contexto, o comportamento inferior da variedade Vermelho em 2021 e 2022, pode estar relacionado ao hábito de crescimento determinado, em que o período de crescimento vegetativo é menor que variedades com hábito indeterminado, o que implica em menor tempo para o processo de nodulação, resultando em menor massa da parte aérea da planta (ANDRAUS et al., 2016; CASSINI; FRANCO, 2006).

Esta característica foi observada no trabalho de Santos (2019) onde, dos 40 genótipos de feijão avaliados, 10% pertenciam ao grupo tipo I (crescimento determinado), e estes eram representados principalmente pelos vermelhos, conhecidos popularmente como “cavalos” do grupo Andino.

No presente trabalho, a var. Tuiuiú sem inoculação se diferenciou da inoculada em solo agroecológico, apresentando uma discrepância considerável no segundo ano de experimento.

Vitorino (2015) testou quatro cultivares de feijoeiro, entre elas, a IPR Tangará, IPR Campos Gerais, IPR Andorinha e IPR 139, sem inoculação e inoculadas com duas estirpes (UFLA 02-127 e CIAT 899), resultando em massa seca da parte aérea inferior àquela observada no presente trabalho para todas as variedades testadas. Resultados semelhantes foram encontrados por Campos et al. (2020) para quatro cultivares de feijoeiro comum inoculadas com três estirpes nativas e *Rhizobium tropici* Semia 4088, para as quais não foram observadas diferenças entre a inoculação e sua ausência.

Adicionalmente, um estudo realizado por Reis et al. (2018) avaliou inoculante comercial, comparativamente à testemunha sem inoculante em feijão-caupi e encontraram tendências similares àquelas observadas no presente trabalho para a massa seca de parte aérea. Similaridades com os resultados do presente trabalho foram encontradas também por Kintschev et al. (2014), os quais avaliaram uma mistura das estirpes de *Rhizobium tropici* com a var. Pérola.

Tomados em conjunto, os resultados do presente trabalho apontam que os solos agroecológicos se destacaram em alguns parâmetros avaliados, enquanto em outros, os solos convencionais se evidenciaram.

Nesse contexto, é importante ressaltar que nas áreas experimentais de plantio convencional da UFSC - Curitibanos são utilizados produtos convencionais (adubação de alta solubilidade e agrotóxicos), que podem impactar a estrutura física, química e microbiológica desse solo, incluindo as bactérias fixadoras de N (SCHOLLES et al., 2004).

De maneira prática, Fox et al. (2007) relataram que esses pesticidas podem dificultar a colonização da bactéria na raiz da planta, implicando em menor formação de nódulos, menor taxa de fixação, resultando em menor rendimento da cultura. Efeitos negativos associados ao número de nódulos, massa nodular, N fixado e, conseqüentemente, a produtividade de feijão foram também reportados por CARDOSO et al. (2019).

Carvalho et al., (2018) testaram a mistura das estirpes de *R. tropici* SEMIA 4077 e 4080 com a cultivar BRS Esteio (com e sem inoculação), e encontraram massa seca da raiz de aproximadamente 50% menor que as médias das variedades do presente trabalho (com e sem inoculação). O estudo de Costa Neto (2016) com feijão-fava var. crioula Bico de Moça e Branca mostraram que os rizóbios nativos aumentaram a mobilização e disponibilidade de nutrientes, beneficiando consideravelmente as raízes. Enquanto isso, Reis et al., (2018) verificaram que os tratamentos com e sem inoculação em feijão-caupi cultivar Manteiguinha não diferiram entre si para a massa seca de raízes, porém, apresentaram resultados superiores aos demais tratamentos testados no estudo para o parâmetro avaliado.

5.4 TEORES DE N

Os teores de N da parte aérea e grãos indicam a efetividade no aproveitamento desse nutriente, assim como, a capacidade da FBN, atributos esses que indicam o estado nutricional das plantas e a estimativa dos teores de N transferidos da parte aérea para os grãos (FORNASIERI FILHO et al., 2007; RIZZARDI, 2016). De acordo com Moreira et al. (2017), a proporção de N na parte aérea possui uma ligação direta com a produtividade das culturas, demonstrando que quanto mais eficiente for a interação entre planta e bactéria, maior será a conversão em produtividade.

Os teores médios ideais de N situam-se entre 30 e 50 g Kg⁻¹ (Viçosi e Pelá, 2020). No presente trabalho no ano de 2021, observou-se teores de N correspondentes aos parâmetros ideais, com exceção da variedade Vermelho. Esses resultados estão também em consonância com o estudo realizado por Rocha et al. (2022) que verificaram teores médios de N superiores ou equivalentes ao ideal com a cultivar BRS Esteio.

No ano de 2022, as variedades, exceto a Vermelho, apresentaram teores de N abaixo do ideal, com um decréscimo médio de 24% a 32% de nitrogênio em relação ao ano anterior. Para a var. Vermelho, a redução foi de 2,4%, demonstrando sua maior estabilidade para o parâmetro analisado. O trabalho desenvolvido por Almeida (2017) com as var. de feijão Pérola e Bico de Moça, mostraram teores de N valores de 358,7 e 422,0 g planta⁻¹, respectivamente para os tratamentos inoculados e de 339,0 g e 309,0 g planta⁻¹, para tratamentos não inoculados. Por sua vez, Costa et al. (2011) testaram cepas nativas no feijão Macassar e obtiveram valores entre 209,6 g a 289,9 g planta⁻¹ de N na parte aérea, valores esses, similares aos observados no presente trabalho.

No que diz respeito aos teores de N nos grãos, a var. Vermelho (58,7 g e 48,3 g) destacou-se positivamente em relação aos demais tratamentos durante os dois anos de avaliação. Este resultado sugere que a variedade translocou grande parte do N absorvido para os grãos.

Segundo o estudo realizado por Perez et al. (2013), os valores médios de N encontrados nos grãos de feijão cultivar Pérola ficaram entre 30 e 40 g Kg⁻¹. Resultado semelhante foi encontrado por Carvalho et al. (2014) com a cultivar IAC Alvorada que obteve média de 30 g kg⁻¹ de N nos grãos. As médias de N nos grãos encontrados no presente trabalho demonstram que alguns resultados se comportaram de forma parecida, enquanto outros ficaram acima do descrito pela literatura.

De acordo com Samborski et al. (2008), a capacidade de assimilação de N é uma característica do genótipo, influenciada por processos morfológicos, fisiológicos, bioquímicos e fatores externos, bem como as condições do solo e práticas de manejo. Oliveira et al. (2008) também atribuíram às características genéticas o comportamento diferenciado das cultivares BRS Expedito e Iraí em relação a essa variável.

Os solos estudados apresentam algumas características importantes a serem descritas. Por exemplo, nos solos da área experimental agroecológica, é notável a presença de um banco de sementes elevado, incluindo leguminosas de cobertura que surgem espontaneamente. Simultaneamente, o solo convencional utilizado no experimento foi frequentemente inoculado ao longo de vários anos, revelando um padrão de utilização recorrente da cultura do feijão, muitas vezes utilizando a mesma estirpe do presente trabalho.

Portanto, é possível que os resultados observados nos dois solos estejam relacionados a alguns desses aspectos citados anteriormente. Segundo Neto et al. (2008), a evolução de uma comunidade nativa de rizóbios pode influenciar no seu desempenho a ponto de competir com o inoculante comercial, conforme evidenciado pelos mesmos autores. Este fenômeno é

sustentado por Suominen et al. (2001), os quais observaram que as bactérias simbióticas e as plantas hospedeiras passaram por um processo de coevolução, destacando, assim, a necessidade de considerar essa interação para aprimorar os resultados obtidos.

Diante disso, os trabalhos de Ramires (2014) e Silva et al. (2009) apontam que os rizóbios nativos e introduzidos são equivalentes ao ponto de promover os mesmos teores de N nos grãos. Sugere-se assim, que futuros estudos sejam desenvolvidos para isolar e testar as estirpes nativas do presente trabalho, para serem utilizadas como inoculantes nos cultivos de feijão da região.

5.5 COMPONENTES PRODUTIVOS

A altura de inserção das vagens no feijão é uma característica geneticamente determinada, mas também dependente dos fatores edafoclimáticos específicos de cada região. Essa característica não apenas desempenha um papel crucial no manejo da cultura, mas também atua como uma medida protetora contra doenças transmitidas pelo contato direto das plantas com o solo (SILVA, 2011; DONATO et al., 2021).

Um dos focos do melhoramento genético do feijoeiro é o desenvolvimento de variedades com características agrônômicas mais propícias para a colheita mecanizada, com uma atenção especial à arquitetura da planta e a importância da inserção de vagens no caule em alturas superiores ao solo (COSTA; PASQUALETTO, 1999). Carmo (2007) destaca a relevância da promoção de plantas mais eretas. O autor enfatiza que, essas características, em grande parte, são regidas por um gene específico, embora a influência de outros alelos também seja notável.

Silveira (1991) enfatiza que a colheita com maquinário automotriz só é viável se a base da planta estiver a uma altura mínima de 15 cm do solo. Além de facilitar a colheita mecânica, essa altura reduz o contato direto das folhas inferiores e vagens com o solo, minimizando o risco de propagação de doenças. Essa abordagem, corroborada por Salgado et al. (2012) e Guimarães et al. (2017), não apenas aprimora as condições fitossanitárias, mas também contribui para a qualidade das sementes.

No presente estudo, a var. Vermelho destacou-se ao apresentar as alturas de inserção da primeira vagem mais elevadas em comparação com as demais variedades. No ano de 2021, a média dessa variável ficou aquém do recomendado para a colheita mecanizada. No entanto, no ano de 2022, a média ultrapassou esse padrão.

As demais variedades não exibiram diferenças significativas entre si nos dois anos analisados, e, de maneira geral, observaram-se variações expressivas para esse parâmetro. Uma possível explicação para essa variação pode estar associada à qualidade das sementes selecionadas no primeiro ano para a semeadura no segundo ano. Optou-se por escolher grãos maiores e isentos de defeitos, visando potencializar o efeito nas plantas do ano subsequente. Essas características são comumente consideradas durante a seleção de variedades como uma maneira de escolher os melhores atributos dos materiais, visando transmiti-los para as gerações subsequentes, com o objetivo de alcançar um desempenho superior e altas produtividades no cultivo de feijão assim como postulado por CABRAL et al. (2011) e GRIGOLO (2015).

Miranda (2018) conduziu estudos com duas linhagens de feijão vermelho, uma de porte ereto recomendada para colheita mecanizada, com alturas da primeira vagem entre 9 e 15 cm, e outra com características de porte prostrado, registrando valores entre 17 e 25 cm. Os resultados do primeiro ano experimental deste estudo alinham-se de maneira consistente com a linhagem de porte ereto, enquanto a linhagem prostrada exibiu uma altura de inserção de vagem superior à observada no presente trabalho.

Em relação aos solos, no ano de 2021, o solo convencional apresentou valores médios superiores, diferenciando-se do solo agroecológico. Entretanto, em 2022, não foram observadas diferenças significativas entre os solos avaliados.

No que diz respeito aos tratamentos com e sem inoculação, não foram identificadas diferenças significativas para essa variável. Zucareli et al. (2018) observaram que a inoculação com *Bacillus subtilis* aumentou a altura de inserção da vagem de 14,75 para 17,50 cm, atribuindo esse efeito à produção de fitohormônios estimulada por essa bactéria.

Em 2021, não foi encontrada diferença estatística entre as variedades para o número de vagens por planta, com valores variando entre 10 e 12. Por outro lado, em 2022, a var. Costa Rica se diferenciou das demais variedades apresentando um número maior de vagens quando cultivada em solo agroecológico. Resultados semelhantes aos obtidos em 2021 foram observados por Donato et al. (2021), que não verificaram diferenças significativas para essa variável nas variedades BRSMG Madrepérola, BRS Pérola e J-BRS-F.

No ano de 2021, os resultados obtidos no solo agroecológico evidenciaram um desempenho superior no que se refere ao número de vagens por planta. No segundo ano, destaca-se que apenas a variedade Vermelho apresentou uma diferença significativa em relação ao solo convencional. Vale ressaltar que ao longo do seu desenvolvimento, a variedade Vermelho manifestou o fenômeno de abortamento de vagens, uma ocorrência que

parece ser relativamente comum em variedades do grupo andino, exercendo assim um impacto considerável no rendimento final dessas variedades, conforme indicado por Grigolo (2015).

As características do número de vagens e grãos por vagem apresentam uma alta herdabilidade genética, conforme apontado por Andrade et al. (1998), e uma influência relativamente limitada do ambiente. Em média, variedades do grupo andino, tais como a Vermelho, produzem, em média, 2,9 grãos por vagem, enquanto as variedades pertencentes ao grupo mesoamericano, como Costa Rica, Vinte e Tuiuiú, demonstram em média 7,6 sementes por vagem (SALGADO et al., 2012). Essa disparidade destaca a relevância da escolha criteriosa das variedades, considerando suas características específicas, para otimizar o rendimento no cultivo de feijão.

No decorrer deste estudo em 2021, as var. Costa Rica, Vinte e Tuiuiú apresentaram médias de grãos semelhantes entre si. Esses resultados divergiram da var. Vermelho, que obteve a menor média de grãos por vagem. No ano seguinte, em 2022, a Tuiuiú destacou-se das outras variedades, enquanto a Vinte e Costa Rica produziram, em média, 4 grãos por vagem. A var. Vermelho, novamente, apresentou o menor número de grãos por vagem. Assim, ao longo dos dois anos, as médias das variedades superaram os valores descritos na literatura.

É notável que, para essa variável específica, a var. Tuiuiú, Costa Rica e Vinte, com exceção da Vermelho, demonstraram homogeneidade entre elas. Isso confirma o potencial das variedades crioulas testadas na região, conforme evidenciado por Coelho (2017).

No trabalho de Telles (2016), destaca-se que a variedade Tuiuiú, com e sem inoculação, apresentou números semelhantes de grãos por vagem, sugerindo uma consistência nessa característica ao longo do tempo. Essa constância alinha-se com as informações fornecidas pelo detentor do cultivar (IAPAR, 2014).

Como mencionado anteriormente e reforçado por Ferreira et al. (2000) e Grigolo e Fioreze (2018), o número de grãos por vagem possui grande herdabilidade genética. Segundo Cabral et al. (2011a), esta característica é considerada importante para selecionar materiais superiores pois apresenta reflexos no rendimento de grãos de feijão.

Entre os solos utilizados, observou-se que em 2021 o solo convencional resultou em valores médios superiores no número de grãos, enquanto no ano seguinte a var. Costa Rica obteve valores médios mais elevados quando cultivada em solo convencional. Por sua vez, a var. Vinte alternou os resultados nos dois solos testados. Conforme Guimarães et al. (2017), as características do solo exercem influência nas respostas do feijoeiro quanto aos

componentes produtivos, estando diretamente relacionadas a fatores como a capacidade de fornecimento de nitrogênio.

Portanto, em relação à inoculação, apenas no segundo ano foram encontradas diferenças significativas para a var. Costa Rica, que apresentou melhor resposta aos tratamentos sem inoculação quando cultivada em solo agroecológico. Já a var. Vinte, com inoculação, demonstrou desempenho superior para essa variável tanto em solo agroecológico quanto em solo convencional, em resposta aos tratamentos sem inoculação.

Os estudos de Zucareli et al. (2006) e (2018) mostraram que a inoculação não teve efeito significativo no número de grãos por vagem no cultivar de feijão IPR Colibri. Resultados semelhantes foram obtidos por Souza et al. (2014), que testaram a inoculação com *R. tropici* (SEMIA 4077 e SEMIA 4080) em três genótipos de feijoeiro em solo agroecológico. Esses resultados estão em conformidade com os obtidos no presente trabalho em 2021, reforçando a hipótese de que essa variável está mais associada ao fator genótipo (ANDRADE et al., 1998).

Em relação ao parâmetro avaliado da massa de grãos, os resultados mostraram valores superiores para a var. Vermelho, sugerindo uma possível translocação integral do N absorvido e acumulado na parte aérea e nos grãos, contribuindo para a composição geral da massa de grãos. Ainda, conforme discutido por Arf et al. (2011) e Lacerda et al. (2018), os dados deste parâmetro possuem uma relação inversamente proporcional entre a massa de grãos e o número de grãos por vagem.

No ano de 2022, destacaram-se os valores mais elevados para esta variável na var. Tuiuiú, a qual demonstrou desempenho satisfatório em grande parte dos parâmetros avaliados. Entretanto, é válido ressaltar que a maioria dos estudos existentes na literatura se concentra na determinação da massa de cem grãos. Diante deste cenário, optou-se por converter os dados referentes à massa de grãos, proporcionando uma classificação das variedades com base em seu desempenho. Dessa forma, a ordem estabelecida foi a seguinte: Vermelho (11,75 g), Tuiuiú (5,82 g), Costa Rica (5,41 g) e Vinte (5,39 g).

Quando comparado com outros trabalhos, foram encontrados valores de massa de cem grãos na cultivar BRS Estilo variando de 22 g a 27 g e para a cultivar BRS FC 104 variando de 17 g a 20 g (LACERDA et al. 2018). Frasca et al. (2020) trabalhando com a var. FC – 104, encontrou valores entre 21 g e 25 g, diferente aos observados no presente trabalho.

As var. Tuiuiú, Costa Rica e Vinte pertencem ao grupo mesoamericano para o qual a massa de cem grãos varia entre 24 g a 28 g. Para a var. Vermelho que pertence ao grupo andino, esse valor oscila entre 35 g a 40 g (AGUIAR et al., 2022).

No presente trabalho, a var. Vermelho obteve uma massa de 100 grãos de aproximadamente 50% menor ao descrito na literatura. Essa variedade apresentou teores mais elevados de N nos grãos, sendo razoável inferir que grande parte do N absorvido é translocado para os grãos.

Quanto aos solos e inoculação no segundo ano de experimento, houve variação em cada variedade testada. De modo geral a var. Tuiuiu apresentou médias superiores em solo convencional, porém a inoculação não teve efeito para a mesma. A segunda var. com médias mais elevadas foi a Costa Rica quando cultivada em solo agroecológico e sem inoculação. Oliveira et al., (2014) estudaram sete variedades tradicionais de feijão comum conduzido sob manejo agroecológico e os resultados obtidos mostraram variação entre 20 g e 44 g na massa de 100 grãos, concluindo que existe alta variabilidade entre os materiais crioulos.

Por outro lado, Martins et al. (2015) não observaram efeito significativo da inoculação isoladamente sobre a massa de cem grãos da cultivar Princesa, reforçando os resultados obtidos no presente trabalho com relação as var. Tuiuiu e Vermelho.

O comportamento fenológico das variedades de feijão avaliadas no presente trabalho foi semelhante nos dois anos experimentais. As temperaturas médias ficaram dentro da faixa ideal para a cultura. A germinação das sementes ocorreu entre 5 a 7 dias da semeadura para todas as variedades nos dois anos. O período para ocorrer 50% de florescimento variou entre 40 e 45 dias após o plantio. Já a maturação no primeiro ano ocorreu na primeira quinzena de fevereiro de 2021 e no segundo ano ocorreu na segunda quinzena de janeiro.

A produção de nódulos ativos foi aproximadamente 30% superior à dos inativos, nos dois anos avaliados. A var. Tuiuiu, utilizada como comparativo e a var. crioula Vinte apresentaram maiores valores para a massa seca de nódulos.

As var. testadas não apresentaram diferenças para a massa seca da parte aérea nos dois anos, exceto para a var. Vermelho que apresentou valores mais baixos. Para a massa seca da raiz a var. Tuiuiu apresentou resultados superiores nos dois anos de experimentos, seguida da var. Vinte em 2021 e Costa Rica em 2022.

Para o N na parte aérea em 2021, as variedades obtiveram resultados semelhantes dentro dos parâmetros ideais, com exceção da var. Vermelho. No ano de 2022, as variedades, exceto a Vermelho, apresentaram teores de N abaixo do ideal, com um decréscimo médio de 24% a 32% de nitrogênio acumulado em relação ao ano anterior. Para a var. Vermelho, a redução foi de 2,4%, demonstrando sua maior estabilidade para o parâmetro analisado.

Quanto aos teores de N nos grãos, a var. Vermelho apresentou resultados superiores aos demais tratamentos, nos dois anos avaliados.

Para os componentes produtivos, a var. Vermelho apresentou as maiores alturas de inserção da primeira vagem em relação às demais variedades. As demais variedades não apresentaram diferenças significativas entre si nos dois anos avaliados e de forma geral observou-se variações expressivas para esse parâmetro.

Em 2021 não houve diferença estatística entre as variedades para o número de vagens por planta, cujos valores variaram 10 e 12. Já, em 2022, a var. Costa Rica produziu um número maior de vagens quando cultivada em solo agroecológico.

A massa de 100 grãos mostrou valores superiores para a var. Vermelho, seguida pelas var. Tuiuiú, Vinte e Costa Rica. Em 2022, os maiores valores para essa variável foram obtidos com a var. Tuiuiú, seguida pelas var. Costa Rica, Vinte e Vermelho.

6. CONCLUSÕES

De modo geral, as variedades analisadas exibiram variações em seu desempenho conforme os parâmetros avaliados. Contudo, a variedade Tuiuiú, adotada como padrão, alcançou resultados satisfatórios em grande parte das análises. Similarmente, a variedade Vermelho, embora tenha apresentado alguns resultados inferiores, se destacou em parâmetros importantes, como o teor de nitrogênio nos grãos, evidenciando sua performance superior nesse aspecto.

Os solos agroecológico e convencional demonstraram destaque em diferentes parâmetros, sugerindo uma semelhança em seu comportamento.

A inoculação com as estirpes de *Rhizobium tropici* SEMIA 4077 e SEMIA 4080 não resultou em diferenças significativas em relação aos tratamentos sem inoculação para a maioria dos parâmetros testados. Esses resultados sugerem a presença de uma comunidade nativa expressiva de rizóbios, o que pode ser relevante para a seleção de estirpes locais adaptadas às condições climáticas da região de Curitibanos – SC e para o sistema de cultivo agroecológico.

REFERÊNCIAS

- ALCÂNTARA, R. M. C. M. et al. 2009. **Estado atual da arte quanto à seleção e o melhoramento de genótipos para a otimização da FBN**. 1.ed. Teresina: Embrapa Meio-Norte.
- AGUIAR, M. S. et al. **BRS FS311: cultivar de feijoeiro-comum de grãos rajados, com alta produtividade e qualidade comercial**. 2022. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/230477/1/cot-260.pdf>. Acesso em: 18 nov. 2023.
- ALMEIDA, E. de L. et al. **Sistema radicular em feijão – Avanços obtidos no entendimento do caráter pelo IMEGEM**. 2018. Disponível em: https://www.udesc.br/arquivos/udesc/id_cpmenu/8179/146_15343494122273_8179.pdf. Acesso em: 16 jan. 2021.
- ALMEIDA, I. V. **Resposta do feijão macassar e comum à inoculação com rizóbio e uso de biofertilizante em um agrossistema familiar**. 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/123456789/4366/1/IVA22052018.pdf>. Acesso em: 13 nov. 2023.
- ALTIERI, A. **Agroecologia: A dinâmica produtiva da agricultura sustentável**. – 4.ed. – Porto Alegre: **Editora da UFRGS**, 2004.
- ANDRADE, M. J. B. et al. Resposta da cultura do feijoeiro à aplicação foliar de molibdênio e às adubações nitrogenadas de plantio e cobertura. **Ci. Agrotec.**, 22:499-508, 1998.
- ANDRAUS, M. et al. Differences in nodulation and grain yield on common bean cultivars with different growth cycles. **Communications in soil science and plant analysis**, 47(9), 1148-1161.
- ANDRIOLO, J. et al. Variabilidade entre linhas de formas silvestres de *Phaseolus vulgaris* quanto a características relacionadas com a fixação biológica de N₂. 1994. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 29: 831-837.
- ANTUNES, J. E. L. et al. Eficiência simbiótica de isolados de rizóbios noduladores de feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 35:751-757, 2011.
- ARF, M. V. et al. Fontes e épocas de aplicação de nitrogênio em feijoeiro de inverno sob sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 3, p. 430-438, 2011.
- ARONI, M. S. **Avaliação da eficiência de rizóbios isolados de feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris*) em solos do município de Curitiba - Santa Catarina**. 2020. Disponível em: <https://lmpcp.paginas.ufsc.br/files/2021/08/TCC-Matheus-Santos-Aroni-2020.pdf>. Acesso em: 29 nov. 2023.
- ATKINS, C. A. Efficiencies and inefficiencies in the legume/*Rhizobium* symbiosis – a review. **Plant and soil**, v.82, p. 273-284, 1984.

BARBOSA, F. R. S. et al. Banco de sementes: autonomia para o pequeno produtor do sudoeste goiano. **Cadernos de Agroecologia**, v. 5 n.1, p.2, 2010.

BAILEY, P. H. J. et al., The role of root system architecture and root hairs in promoting Anchorage Against uprooting forces in *Allium cepa* and root mutants of *Arabidopsis thaliana*. **Journal of Experimental Botany**, v. 53, n. 367, p. 333, 2002. ISSN 0022-0957.

BERTOLDO, J. G. et al. 2015. Evaluation of bean access to agronomic traits for use in breeding program. **Ambiência** 11: 295-306.

BORGHI, E. et al. Influência da distribuição espacial do milho e da *Brachiaria brizantha* consorciados sobre a população de plantas daninhas em sistema plantio direto na palha. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 26, n. 3, p. 559-568, 2008.

BOT, A.; BENITES, J. The importance of soil organic matter, Key to drought-resistant soil and sustained food production. **FAO Soils Bulletin**, 2005. 80p.

BRANCO, J. S.; PRATES JÚNIOR, P. **Fixação biológica de nitrogênio na produção sustentável de forragem**. 2022. Disponível em: file:///C:/Users/09031420743/Downloads/Artigo+12+-+Prova_Tipogr%C3%A1fica+-+Branco+-+Revis%C3%A3o.pdf. Acesso em: 04 dez. 2023.

BRASIL. **Dispõe sobre a agricultura orgânica e dá outras providências**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2003/L10.831.htm. Acesso em: 8 Abr. 2019.

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 Ciência do Solo**, Viçosa, v. 39, n. 1, p.1-12, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/01000683rbc20140322>. Acesso em: 27 fev. 2020.

BRITO, M. P. et al. **Contribuição da fixação biológica de nitrogênio, fertilizante nitrogenado e nitrogênio do solo no desenvolvimento de feijão e caupi**. 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/brag/a/yvkr3Wc7gkcYcSpXJfLFmQ/?format=html#>. Acesso em: 29 nov. 2023.

BRUSH, S. B. (Ed) Genes in the field: on-farm conservation of crop diversity. **Roma: IDRC/IPGRI/Lewis**, 2000a.

CABRAL, P. D. S. et al. Análise de trilha do rendimento de grãos de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) e seus componentes. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 42, n. 1, p. 132-138, mar. 2011.

CAMPOS, V. P. C. et al. **Fixação biológica de nitrogênio em cultivares de feijoeiro comum, em resposta à utilização de diferentes estirpes de *Rhizobium sp.*** 2020. Disponível em: <https://cadernos.aba-agroecologia.org.br/cadernos/article/view/5450>. Acesso em: 30 out. 2023.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA AGRICULTURA FAMILIAR. Feijão: o alimento mais brasileiro mostra a força da agricultura familiar. Disponível em: <https://conafar.org.br/feijao-o-alimento-mais-brasileiro-mostra-a-forca-da-agricultura-familiar/>. Acesso em: 5 mar. 2024.

CARDOSO, M. B. et al. **Associação da bactéria *Bradyrhizobium japonicum* com agrotóxicos utilizados no tratamento de sementes de soja.** 2019. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/3705/3509>. Acesso em: 04 nov. 2023.

CARMO, S. L. M. et al. Avaliação do 'stay green' em famílias segregantes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.31, n.4, p.953-957, jul./ago. 2007.

CARVALHO, J. J. et al. **Teor e acúmulo de nutrientes em grãos de feijão comum em semeadura direta, sob déficit hídrico.** 2014. Disponível em: <https://revistas.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/1686>. Acesso em: 13 mar. 2024.

CARVALHO, R. H. et al. **Crescimento e produção de feijoeiro comum sob coinoculação com *Rhizobium*, *Azospirillum* e *Bradyrhizobium* em condições de campo.** 2018. Disponível em: <https://cadernos.aba-agroecologia.org.br/cadernos/article/view/1783>. Acesso em: 08 nov. 2023.

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. (Ed.). **Feijão**. 2 eds. **Viçosa: UFV**, 2006. p. 143-170.

CEPA. **Caracterização regional de Curitibaanos:** Aspectos do clima. 2003. Disponível em: http://docweb.epagri.sc.gov.br/website_cepapublicacoes/diagnostico/CURITIBANOS.pdf. Acesso em: 24 out. 2022.

CIRAM/EPAGRI. **Agricultura conservacionista.** Disponível em: <https://agriculturaconservacionista.ufsc.br/agrometeorologia/estacao-area-experimentalepagri/>. Acesso em: 29 nov. 2023.

COELHO, C. G. **Parâmetros genéticos e absorção de nutrientes de feijão-comum em competição com planta daninha.** 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufes.br/server/api/core/bitstreams/8c3c2ca5-5db8-49cf-9df9-6764897c0fd5/content>. Acesso em: 18 nov. 2023.

COELHO, C. M. M. *et al.* Potencial fisiológico em sementes de cultivares de feijão crioulo (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 3, p. 097-105, 2010.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira:** Grãos. 2023. Disponível em: file:///C:/Users/09031420743/Downloads/E-book_BoletimZdeZSafrasZ-Z2oZlevantamento.pdf. Acesso em: 22 nov. 2023.

COSTABEBER, J. A. Transição agroecológica: rumo à sustentabilidade. **Agriculturas: experiências em agroecologia**, v. 3, n. 3, out, 2006.

COSTA, E. M. et al. **Nodulação e produtividade de *Vigna unguiculata* (L.) Walp. Por cepas de rizóbios em Bom Jesus, PI.** 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rca/a/fJBF8wnmJ7RG6Hs89gGDsNj/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 13 nov. 2023.

COSTA, L. R. M.; PASQUALETTO, A. Comparação de sistemas de colheita mecanizada e semimecanizada na perda, dano mecânico e impureza de grãos na cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiania, v.29, n.1, p.35-38, jan./jun. 1999.

COSTA NETO, V. P. **Nodulação e fixação biológica de nitrogênio em feijão-fava inoculado com rizóbios isolados de solos da Microrregião do Médio Parnaíba piauiense**. 2016, 59f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Piauí, Teresina. 2016.

COUTTS, M. Root architecture and tree stability. **Plant and soil**, v. 71, n. 1, p. 171-188, 1983. ISSN 0032-079X.

CUNHA, E. Q. et al. **Atributos físicos, químicos e biológicos de solo sob produção orgânica impactados por sistemas de cultivo**. 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/yMgLDHQLcmWDBnjG4D8Vkgf/#>. Acesso em: 29 nov. 2023.

DALCHIAVON, F.C. et al. 2016. Efeito de estresse salino em sementes de *Phaseolus vulgaris*. **R. de Cienc. Agrárias**, 3: 404-412.

DAROLT, M. R. **As principais correntes do movimento orgânico e suas particularidades**. In Darolt, M. R. (2010). *Agricultura Orgânica: inventando o futuro*. Londrina, Brasil: Instituto Agronômico do Paraná, 18-26.

DONATO, F. et al. **Desempenho agrônomo de cultivares de feijão comum em função da população de plantas**. 2021. Disponível em: <https://periodicos.iftm.edu.br/index.php/inova/article/view/1122>. Acesso em: 17 nov. 2023.

DUARTE, L. R. R. **Transição agroecológica: uma estratégia para a convivência com a realidade semi-árida do Ceará**. 2009. Disponível em: https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/8022/1/2009_dis_lrrduarte.pdf. Acesso em: 03 out. 2022.

EMBRAPA. **Cultivo do Feijoeiro Comum**. 2003. Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/territorio_sisal/arvore/CONT000fckhw71702wx5eo0a2ndxyore417p.html. Acesso em: 18 de maio de 2019.

_____. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, p.306, 2006.

_____. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Brasília, DF: **Embrapa Informação Tecnológica**; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009.

_____. **Feijão: Simbiose nutritiva**. 2012. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/65147/1/cultivar.pdf>. Acesso em: 6 mar. 2024.

_____. **Fixação biológica de nitrogênio é alternativa para a cultura do feijão.** 2014. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2235924/fixacao-biologica-de-nitrogenio-e-alternativa-para-a-cultura-do-feijao>. Acesso em: 7 jan. 2020.

_____. **Conhecendo a fenologia do feijoeiro e seus aspectos fitotécnicos.** 2018. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/173690/1/CNPAF-2018-lvfeijoeiro.pdf>. Acesso em: 28 nov. 2023.

FAOSTAT. **Crops.** Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. Acesso em: 10 out. 2022.

FERNANDES, G. B. **Sementes crioulas, varietais e orgânicas para a agricultura familiar: da exceção legal à política pública.** 2017. Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/8814/1/Sementes%20crioulas.pdf>. Acesso em: 8 jan. 2021.

FERREIRA, A. N. et al. Estirpes de *Rhizobium tropici* na inoculação do feijoeiro. **Scientia Agricola**, v. 57, n. 3, p. 507-512, jul./set. 2000.

_____, P. A. A. et al. New rhizobia strains isolated from the Amazon region fix atmospheric nitrogen in symbiosis with cowpea and increase its yield. **Bragantia, Campinas**, v. 78, p. 38-42, 2019.

_____, P. A. A. et al. Inoculação com cepas de rizóbio na cultura do feijoeiro. **Ciência Rural**, v.39, n.07, p.2210-2212, 2009.

FIGUEIREDO, A. et al. Variedades locais de feijoeiro como fontes potenciais de resistência a antracnose. Pesquisa Agropecuária Tropical. **Pesquisa Agrícola nos Trópicos**, v. 48, n. 2, p. 126-133. 18 jun. 2018.

FORNASIERI FILHO, D. et al. Resposta de cultivares de feijoeiro comum à adubação nitrogenada em sistema de plantio direto. **Científica, Jaboticabal**, v. 35, n. 2, p. 115-121, jul. /dez. 2007.

FOX, J.E. et al. Pesticides reduce symbiotic efficiency of nitrogen-fixing rhizobia and host plants. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v.104, n.24, 10282-10287.

FRAGA, C. S.; SALCEDO, I. H. Declines of organic nutrient pools in tropical semi-arid soils under subsistence farming. **Soil Science Society of America Journal**, v.68, p.215-224, 2004.

FRASCA, L. L. M. et al. **Bioestimulantes no crescimento vegetal e desempenho agrônômico de feijão-comum de ciclo precoce.** 2020. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/340568474_Bioestimulantes_no_crescimento_vegetal_e_desempenho_agronomico_do_feijao-comum_de_ciclo_superprecoce. Acesso em: 18 nov. 2023.

GUIMARÃES, R. A. M. et al. Resposta de cultivares de feijoeiro a adubação nitrogenada em diferentes estádios fenológicos. **Gl. Sci Technol**, v. 10, n. 01, p.136 – 148, 2017.

GUNNABO, A. H. et al. 2019. Estudos de interação genética revelam desempenho superior de *Rhizobium tropici* CIAT 899 em uma variedade de diversos genótipos de feijão comum da África Oriental (*Phaseolus vulgaris* L.). **Microbiologia Aplicada e Ambiental** 85: 1-19.

GRIGOLO, S.; FIOREZE, A. C. C. L. **Potencial na hibridação entre cultivares de feijão do grupo andino e mesoamericano**. 2015. Disponível em: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/vti-735270>. Acesso em: 17 nov. 2023.

_____, S.; FIOREZE, A. C. C. L. **Potencial na hibridação entre cultivares de feijão comum de diferentes grupos gênicos**. 2018. Disponível em: <https://revistas.unoeste.br/index.php/ca/article/view/1999/2115>. Acesso em: 13 fev. 2023.

HETRICK, B. Mycorrhizas and root architecture. **Cellular and Molecular Life Sciences**, v. 47, n. 4, p. 355-362, 1991. ISSN 1420-682X.

HOWIESON, J.; BALLARD, R. Optimising the legume symbiosis in stressful and competitive environments within southern Australia - some contemporary thoughts. Anonymous. **Soil Biol. Biochem.**, Oxford, v. 36, n. 8, p. 1261-1273, 2005.

HUNGRIA, M.; NEVES, M. C. P. **Interação entre cultivares de *Phaseolus vulgaris* e estirpes de *Rhizobium* na fixação e transporte do nitrogênio**. 1986. Disponível em: <file:///C:/Users/09031420743/Downloads/14680-65067-1-SM.pdf>. Acesso em: 19 abr. 2023.

_____, M.; FRANCO, A. A. Effects of high temperature on nodulation and nitrogen fixation by *Phaseolus vulgaris* L. **Plant and Soil**, v. 149, n. 1, p. 95-102, 1993.

_____, M; CAMPO, R. J; MENDES, I. C. Benefits of inoculation of the common bean (*Phaseolus vulgaris*) crop with efficient and competitive *Rhizobium tropici* strains. **Biol Fertil Soils**. 2003; 39:88-93.

_____, M. Inoculação com *Azospirillum brasilense*: inovação em rendimento a baixo custo. **Londrina: Embrapa Soja**, 2011. (Documentos, 395)

HULTMAN, C. **Abundância de nódulos radiculares em feijoeiro, *Phaseolus vulgaris* – uma comparação entre campos suecos com e sem história recente de cultivo de feijão comum**. 2018. Disponível em: <https://stud.epsilon.slu.se/13194/>. Acesso em: 21 mar. 2023.

IDR – PARANÁ. **Cultivar de feijão IPR Tuiuiu**. Disponível em: <https://www.idrparana.pr.gov.br/system/files/publico/pesquisa/publicacoes/folder/fld-ipr-tuiuiu/Folder%20Feijao%20IPR%20Tuiuiu.pdf>. Acesso em: 30 nov. 2023.

JUSTINO, L. F.; HEINEMANN, A. B. **Desenvolvimento fenológico do feijoeiro nas épocas das águas e inverno**. 2019. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1114353>. Acesso em: 29 nov. 2023.

KAPPES, C. et al. Feijão comum: características morfo-agronômicas de cultivares. Documentos, **IAC, Campinas**. 85. 2008. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/217702/1/184.pdf>. Acesso em: 15 de abril de 2018.

KEBEDE, E. et al. Symbiotic effectiveness of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) walp.) nodulating rhizobia isolated from soils of major cowpea producing areas in ethiopia. **Cogent food & agriculture**, v. 6, n. 1, 2020. <http://dx.doi.org/10.1080/23311932.2020.1763648>.

KINTSCHEV, M. R. et al. **Compatibilidade entre a inoculação de rizóbios e fungicidas aplicados em sementes de feijoeiro-comum**. 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sp/a/HMVwH9SCjtkSpCrkqm5wsN/?lang=pt#>. Acesso em: 08 fev. 2023.

KUSDRA, J. F. **Nodulação do feijoeiro e fixação biológica do nitrogênio em resposta à microbiolização das sementes e a aplicação de micronutrientes**. 2002. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/26563>. Acesso em: 22 mar. 2023.

KRAESKI, M. J. **Manejo da irrigação, inoculação e nitrogênio no feijoeiro de inverno**. 2020. Disponível em: https://portal.uems.br/assets/uploads/cursos_pos/84dd4b79dcd8d7c2ffe41e477dea27bd/teses_dissertacoes/3_84dd4b79dcd8d7c2ffe41e477dea27bd_2021-11-24_09-36-12.pdf. Acesso em: 04 dez. 2023.

LACERDA, M. C. et al. **Adubação nitrogenada afeta a produtividade e a qualidade comercial de grãos do feijoeiro em sistema plantio direto**. 2018. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/197020/1/CNPAF-2019-rca.pdf>. Acesso em: 29 nov. 2023.

LEVENE, H. Robust tests for equality of variances. In: OLKIN, I. et al. (Eds.). Contributions to Probability and Statistics: Essays in Honor of Harold Hotelling (Ingram Olkin, Sudhist G. Ghurye, Wassily Hoeffding, William G. Madow, and Henry B. Mann, eds.). Menlo Park: **Stanford University Press**, 1960. v. 3p. 278–292

LIDSTROM, K.; MOUSAVI, S.A. Effectiveness of nitrogen fixation in rhizobia. 2019. **Microbial Biotechnology**, 13, 1314–1335.

LOHN, G. I. **Eficiência da nodulação e FBN de rizóbios isolados do planalto catarinense em feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.)**. 2021. Disponível em: https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/228413/TCC%20FINAL_Gabriela_Izidoro_Lohn...pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 17 fev. 2023.

LONDRES, F. As sementes da paixão e as políticas de distribuição de sementes na Paraíba. **AS-PTA**, 2014. 83 p.

LUIZ, F. P. **Transição agroecológica de agricultores familiares no alto vale do Rio Tijucas - SC**. 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/131870/Francys%20PACHECO%20LUIZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 03 out. 2022.

MAPA. **Normas sobre especificações, garantias, registro, embalagem e rotulagem dos inoculantes destinados à agricultura**. IN 13/SDA/2011. Disponível em:

<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/fertilizantes/legislacao/in-sda-13-de-24-03-2011-inoculantes.pdf>. Acesso em: 18 out. 2022.

_____. **Especificações dos fertilizantes minerais simples**. IN 39/2019, Anexo I. 2019. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/fertilizantes/legislacao?b_start:int=60. Acesso em: 13 set. 2022.

_____. **Zoneamento Agrícola de Risco Climático para a cultura de feijão 1ª safra no Estado de Santa Catarina**. 2022. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/riscos-seguro/risco-agropecuario/portarias/safra-vigente/santa-catarina>. Acesso em 12 de abril de 2018.

_____. **Lei 11326 de 24 de julho de 2006**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2006/Lei/L11326.htm. Acesso em: 03 out. 2022.

MARTÍNEZ-ROMERO, E. et al. *Rhizobium tropici*, a novel species nodulating *Phaseolus vulgaris* L. beans and *Leucaena* sp. trees. **Int. J. Syst. Bacteriol.** 41:417-426, 1991.

MARTINS, J. D. L. et al. 2015. Esterco bovino, biofertilizante, inoculante e combinações no desempenho produtivo do feijão comum. **Revista Agro@ambiente** (Online) 9(4):369-376.

MATOSO, S. C. G; KUSDRA, J. F. **Nodulação e crescimento do feijoeiro em resposta à aplicação de molibdênio e inoculante rizobiano**. 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/SkwJWyjKs9hhJbhWJddyKmN/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 06 out. 2022.

MAZOYER, M.; ROUDART, L. História das agriculturas no mundo: Do Neolítico à crise contemporânea. 1ed. **São Paulo: UNESP**, 2010. 568p.

MERCANTE, F. M. et al. Inoculação do feijoeiro comum com rizóbio. Seropédica: **Embrapa Agrobiologia**, 1992. 8 p. (Embrapa Agrobiologia. Comunicado Técnico, 10).

_____, F.M. et al. Avanços biotecnológicos na cultura do feijoeiro sob condições simbióticas. **Revista Universidade Rural**: série ciência da vida, v.21, n.1/2, p.127-146, 1999.

_____, F. M. et al. New native rhizobia strains for inoculation of common bean in the brazilian savanna. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 41, 2017. ISSN 0100-0683. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832017000100405&lng=en&tlng=en. Acesso em: 30 out. 2022.

_____, F. M. et al. Inoculação de *Rhizobium tropici* e aplicação de adubo nitrogenado na cultura do feijoeiro, Bonito, MS, In: Reunião brasileira de fertilidade de solo e nutrição de plantas; reunião brasileira sobre micorrizas; simpósio brasileiro de microbiologia do solo; Reunião brasileira de biologia do solo. Resumos... Dourados: **Embrapa Agropecuária Oeste**. 27p. 2006.

_____, F. M. et al. A inoculação do feijoeiro comum com rizóbio. **Seropédica: Embrapa Agrobiologia**, 1992. 8 p. (Embrapa Agrobiologia. Comunicado Técnico, 10).

MICHELS, A. F. et al. **Qualidade fisiológica de sementes de feijão crioulo produzidas no oeste e planalto catarinense**. 2014. Disponível em:

<https://www.scielo.br/pdf/rca/v45n3/v45n3a25.pdf>. Acesso em: 8 jan. 2021.

MIRANDA, I. R. **Efeitos de densidade de plantas sobre a produtividade em feijoeiro ereto e prostrado**. 2018. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/handle/123456789/23989>.

Acesso em: 17 nov. 2023.

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

_____, M. F. **Desenvolvimento do sistema radicular e da parte aérea do feijoeiro comum em função da distribuição e do teor de fósforo no solo**. 2004. Disponível em:

https://www.esalq.usp.br/lepse/imgs/conteudo_thumb/Desenvolvimento-do-sistema-radicular-e-da-parte-a-rea-do-feijoeiro-comum-em-fun--o-da-distribui--o-e-do-teor-de-f-sforo-no-solo---M-riam-Ferraz-Moreira-.pdf. Acesso em: 07 nov. 2023.

MORRO, F. G.; SCHNITZLER, D. C. **Avaliação de agrotóxicos em solo de sistemas de produção agrícola convencional e agroecológico**. 2021. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/qn/a/qWSJJzXMDLykF76rySpQD5h/#>. Acesso em: 10 mar. 2024.

NETO, S. A. V. et al. **Formas de aplicação de inoculante e seus efeitos sobre a nodulação de soja**. 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/CyDQ8ybgrjyqzVHv4tWB9Jm/>.

Acesso em 15 nov. 2023.

NODARI, R. O.; GUERRA, M. P. **A agroecologia: estratégias de pesquisa e valores**. Estudos avançados, v. 29, n. 83, p. 183-207, 2015.

NOGUEIRA, A. R.; SOUZA, G. B. Manual de laboratórios: solo, nutrição vegetal, nutrição animal e alimentos. São Carlos, SP: **Embrapa Pecuária Sudeste**, 2005. 313 p.

OLIVEIRA, D. D. P. et al. Acid tolerant Rhizobium strains contribute to increasing the yield and profitability of common bean in tropical soils. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition, Temuco**, v. 17, p. 922-933, 2017.

_____, D. R. et al. **Variabilidade de variedades tradicionais de feijão comum do Acre**. 2014. Disponível em:

<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/111891/1/25287.pdf>. Acesso em: 18 nov. 2023.

_____, D. T. C. DE. **Avaliação da qualidade do solo de um sistema agroecológico por indicadores de sustentabilidade: estudo de caso no assentamento pastorinhas, Brumadinho, Minas Gerais**. 2015. Disponível em:

<https://revistas.aba-agroecologia.org.br/cad/article/view/19478/13239>. Acesso em: 27 out. 2023.

_____, L. F. C. et al. **Cultivo do feijão: fenologia**. 2023. Disponível em:

<https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/feijao/pre-producao/fenologia>. Acesso em: 28 nov. 2023.

_____, M. G. de C. et al. **Conhecendo a fenologia do feijoeiro e seus aspectos fitotécnicos**. 2018. Disponível em:
<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/173690/1/CNPAF-2018-lvfeijoeiro.pdf>. Acesso em: 07 nov. 2023.

_____, R. C. DE; SBARDELOTTO, J. M. **Nodulação em diferentes variedades de feijão inoculadas com *Rhizobium tropici***. 2011. Disponível em:
https://www.fag.edu.br/upload/revista/cultivando_o_saber/592db637dfde6.pdf. Acesso em: 25 out. 2023.

_____, V. R et al. **Qualidade nutricional e microbiológica de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) cozido com ou sem água de maceração**. 2008. Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/cagro/a/gTjfXS6VBfK3BbRgnT4QCCw/#>. Acesso em: 15 nov. 2023.

PAIVA, S. R. et al. Recursos Genéticos: o produtor pergunta, a Embrapa responde. **Brasília: Embrapa**, 2019.

PALÁCIO FILHO, A. M. et al. Oficinas sobre uso de sementes crioulas – Incentivo para produção Agroecológica na região do Agreste Meridional de Pernambuco. **Cadernos de Agroecologia**, [S.l.], v. 6, n. 2, dec. 2011. ISSN 2236-7934. Disponível em:
<http://revistas.aba-agroecologia.org.br/index.php/cad/article/view/11753>. Acesso em: 16 sep. 2020.

PASQUALINI, D. **Potencial da fixação biológica de nitrogênio em feijão em função da diversidade de bactéria e da planta**. 2008. Disponível em:
https://www.udesc.br/arquivos/cav/id_cpmenu/1459/dissertacao_diego_pasqualini_15688934164701_1459.pdf. Acesso em: 18 out. 2022.

PAULETTO, D. et al. **Biomassa e nodulação de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) sob dois regimes de manejo em sistema agroflorestal**. 2020. Disponível em:
<https://cadernos.aba-agroecologia.org.br/cadernos/article/view/6233>. Acesso em: 21 mar. 2023.

PELEGRIN, R. et al. Resposta da cultura do feijoeiro à adubação nitrogenada e à inoculação com rizóbio. **R Bras Ci Solo**. 2009; 33:219-26.

PENHA, J. S. Diversidade genética, domesticação e plasticidade fenotípica de feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.). Disponível em:
https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11137/tde-22032019-135219/publico/Josilane_Souza_da_Penha_versao_revisada.pdf. Acesso em: 06 mar. 2024.

PEREIRA, P. A. A. **Nodulação do feijoeiro em monocultivo e associado com fileiras de milho maduro**. 1984. Disponível em:
<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/205664/1/pab-1984.pdf>. Acesso em: 24 out. 2022.

_____, J.A. et al. Adaptabilidade e estabilidade de acessos de uma coleção nuclear de arroz. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, n.2, p.216-226, 2012.

PEREZ, A. A. G. et al. **Extração e exportação de nutrientes pelo feijoeiro adubado com nitrogênio, em diferentes tempos de implantação do sistema plantio direto.** 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/8zTrDtqpbCVbNydQWFfChsN/#>. Acesso em: 13 mar. 2024.

PORTUGAL, C. F. S.; SANTOS, T. S. X. **Avaliação da qualidade do solo sob manejo agroecológico do feijão guandu (*Cajanus cajan* (L.) MILLSP. cv. Fava larga).** 2018. Disponível em: <https://dspace.doctum.edu.br/xmlui/handle/123456789/3920>. Acesso em: 27 out. 2023.

PRIMAVESI, A. M. **Agroecologia e manejo do solo.** 2008. Disponível em: <https://aspta.org.br/files/2019/10/artigo1.pdf>. Acesso em: 29 nov. 2023.

RAMIRES, R. V. **Inoculante biológico associado ao manejo de nitrogênio na cultura do feijoeiro comum.** 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufms.br/handle/123456789/3075>. Acesso em: 16 nov. 2023.

R CORE TEAM (2016). R: A language and environment for statistical computing. **R Foundation for Statistical Computing, Vienna.** Available in: <<https://www.R-project.org>> (Accessed on June 10, 2022).

REIS JUNIOR, F. B. et al. Fixação biológica de nitrogênio: uma revolução na agricultura. In: FALEIRO, F. G.; ANDRADE, S. R. M.; REIS JUNIOR, F. B. (Ed.). *Biotecnologia: estado da arte e aplicações na agropecuária.* Planaltina, DF: **Embrapa Cerrados**, 2011. p. 247-281.

REIS, V. R. R. et al. **Crescimento vegetativo de feijão-caupi com inoculante alternativo.** 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/330879243_Crescimento_vegetativo_do_feijao-caupi_com_inoculante_alternativo. Acesso em: 01 nov. 2023.

REMIGI, P. et al. Symbiosis within symbiosis: evolving nitrogen-fixing legume symbionts. 2016. **Trends Microbiol** 24: 63–75.

RIZZARDI, D. A. **Linhagens de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) submetidas a doses de nitrogênio e à inoculação com estirpes de *Rhizobium* spp.** 2016. Disponível em: http://repositorio.uem.br:8080/jspui/bitstream/1/5415/1/Diego%20Ary%20Rizzardi_2016.pdf. Acesso em: 29 nov. 2023.

ROCHA, B. M. **Prática Alternativa de Inoculação de Sementes de Feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L., cv. Ouro Vermelho) com Estirpes Rizobianas Localmente Adaptadas.** 2013. Disponível em: <https://tede.ufrj.br/jspui/handle/jspui/3551>. Acesso em: 20 dez. 2020.

_____, T. T. T. et al. **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.** 2022. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/42969>. Acesso em: 29 nov. 2023.

RUFINI, M. et al. **Simbiose de bactérias fixadoras de nitrogênio com feijoeiro-comum em diferentes valores de pH**. 2011. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/pab/a/Chj9HsJTCpyVbGPndTxwQKg/#>. Acesso em: 29 nov. 2023.

RUMJANEK, N. G. et al. Prática alternativa para inoculação de sementes de feijão-caupi a partir de um preparado de raízes finas noduladas. Seropédica: **Embrapa Agrobiologia**, 2017. 4p.

SABUNDJIAN, M. T. et al. Adubação nitrogenada em feijoeiro em sucessão a cultivo solteiro e consorciado de milho e *Urochloa ruziziensis*. **Pesq. Agropec. Trop.**, Goiânia, v. 43, n. 3, p. 292-299, jul. /set. 2013.

SALGADO, F. H. M. et al. Eficiência de genótipos de feijoeiro em resposta à adubação nitrogenada. **Pesq Agropec Trop**. 2012; 42:368-74.

SALISBURY, Frank Boyer; ROSS, C. W. Plant physiology. 4. ed. **Belmont: Wadsworth**, 1991. 682 p. ISBN 0534983901.

SALVADOR, C. A. **Feijão: análise da conjuntura agropecuária**. SEAB Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento. Nov. 2017 Disponível em:

<41http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/2018/_feijao_2017_18.pdf>. Acesso em: 11 out. 2022.

SAMBORSKI, S.; KOZAK, M.; AZEVEDO, R. A. Does nitrogen uptake affect nitrogen uptake efficiency, or vice versa. **Acta Physiologia e Plantarum**, Heidelberg, v.30, p.419-420, 2008.

SANTOS, A. C. S. dos. **Caracterização morfoagronômica e molecular de genótipos de feijão**. 2019. Disponível em:

https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/4410/1/DV_PPGSIS_M_Santos%2C%20Ana%20Claudia%20Schllemer%20dos_2019.pdf. Acesso em: 31 out. 2023.

SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An Analysis of Variance Test for Normality (Complete Samples). **Biometrika**, v. 52, n. 3/4, p. 591–591, dez. 1965.

SILVA, Á. T.; SILVA, S. T. Panorama da agricultura orgânica no Brasil. **Segur. Aliment. e Nutr., Campinas**, v.23, n.esp., p.1031-1040, dez. 2016.

_____, E. F. et al. Inoculação do feijoeiro com *Rhizobium tropici* associada à exsudato de *Mimosa flocculosa* com diferentes doses de nitrogênio. **Bragantia**, v. 68, n. 2, p. 443-451, 2009.

_____, J. G. **Cultivo do feijão: colheita**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/feijao/producao/colheita>. Acesso em: 28 nov. 2023.

_____, K. F. **Avaliação da nodulação em diferentes estádios fenológicos do feijoeiro-comum**. 2019. Disponível em: <https://tede.ufrj.br/jspui/bitstream/jspui/5920/2/2019%20-%20Kaoany%20Ferreira%20da%20Silva.pdf>. Acesso em: 29 nov. 2023.

_____, R. O. et al. **Transição agroecológica no rural brasileiro: a complexidade de quatro experiências práticas**. 2020. Disponível em: <file:///C:/Users/Ricardo/Downloads/9195-Texto%20do%20artigo-42211-1-10-20201027.pdf>. Acesso em: 03 out. 2022.

_____, S. C.; HEINEMANN, A. B. **Cultivo do feijão**: Clima. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/feijao/pre-producao/clima>. Acesso em: 28 nov. 2023.

_____, V.M.P. **Melhoramento genético do porte do feijoeiro 2011**. 60p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

SILVEIRA, G. M. 1991. As máquinas para colheita e transporte. **São Paulo: Globo**. 183p.

SOARES, A.V. & ALBA, R.P. As sementes crioulas, a festa das sementes e o encontro regional de agroecologia. In **Anais da 8ª Jornada de Agroecologia – Paraná – Brasil**. Francisco Beltrão. 2009.

SOUZA, D. I. et al. **Componentes de produção do feijoeiro comum inoculado com *Rhizobium* spp. em sistema agroecológico**. 2014. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/126859/1/COMUM-INOCULADO-COM-Rhizobium-tropici-EM-SISTEMA-AGROECOLOGICO.pdf>. Acesso em: 18 nov. 2023.

_____, L. A. B. et al. New isolates of ectomycorrhizal fungi and the growth of eucalypt. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 2, p. 235-241, 2008.

SUOMINEN, L. et al. Identificação e estrutura dos genes de nodulação comum de *Rhizobium galegae*: evidências para transferência horizontal de genes. **Mol Biol Evol** 18: 907–916 (2001).

SBCS. **Manual de calagem e adubação para os Estados do RS e de SC. 2016**. Disponível em: http://www.sbcns-nrs.org.br/docs/Manual_de_Calagem_e_Adubacao_para_os_Estados_do_RS_e_de_SC-2016.pdf. Acesso em: 13 set. 2022.

SCHLINDWEIN, G. et al. **Influência da inoculação de rizóbios sobre a germinação e o vigor de plântulas de alface**. 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/VPk8J3nztvTJvFzrHfX3V67N/?lang=pt#>. Acesso em: 14 mar. 2023.

SCHOLLES, D. et al. **Efeitos da aplicação de herbicidas sobre a nodulação e desenvolvimento de soja inoculada com estirpes de *Bradyrhizobium* sp.** 2004. Disponível em: <http://revistapag.agricultura.rs.gov.br/ojs/index.php/revistapag/article/view/294/257>. Acesso em: 06 nov. 2023.

STAMFORD, N. P.; NEPTUNE, A. M. L. Especificidade hospedeira e competição entre estirpes de *Rhizobium* em inoculação com quatro cultivares de *Vigna unculata* (L). Walp. **Cad. Ômega Univ. Fed. Rural Pe, Recife**, v. 3, n. 12, p.25-34, dez. 1979

STRALIOTTO, R.; et al. Fixação biológica de nitrogênio. In: AIDAR, H.; KLUTHCOUSKI, J. & STONE, L.F. Produção de feijoeiro comum em várzeas tropicais. Santo Antônio de Goiás, **Embrapa Arroz e Feijão**, p. 122- 153, 2002.

TAYLOR, R. W. et al. N₂ fixation by soybean-Bradyrhizobium combinations under acidity, low P and high Al stresses. **Plant and Soil**, v. 131, n. 2, p. 293-300, 1991.

TELLES, C. dos S. **Rendimento de grãos do feijão sob diferentes doses de nitrogênio e inoculação de *Rhizobium tropici***. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2016.

TOLLER, E.V.; et al. Análise de parâmetros de fixação biológica de nitrogênio em cultivares comerciais de soja. **Nucleus**, v.6, n.1, abr. 2009.

TRINDADE, C, C. **Sementes crioulas e transgênicos, uma reflexão sobre sua relação com as comunidades tradicionais**. 2006. Disponível em: <https://docplayer.com.br/89788-Sementes-crioulas-e-transgenicos-uma-reflexao-sobre-sua-relacao-com-as-comunidades-tradicionais.html>. Acesso em: 22 de maio de 2019

TSUTSUMI, C.Y. et al. Melhoramento Genético do Feijoeiro: Avanços, Perspectivas e Novos Estudos, no Âmbito Nacional. *Nativa*, [s.l.], v. 3, n. 3, p.217-223, 29 set. 2015. **Revista Nativa**. Disponível em: <file:///C:/Users/User/AppData/Local/Temp/2208-Texto%20do%20Artigo-9286-1-10-20150930-1.pdf>. Acesso em: 16 jan. 2021.

VALDERRAMA, A. S. **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%20C3%A9%20Valderrama%20%20pdf%20a.pdf?sequence=1>. Acesso em: 29 nov. 2023.

VARGAS, A.A.T. et al. Comparação entre genótipos de feijão quanto à capacidade nodulante e à produtividade com inoculação com rizóbios e/ou adubação de N-mineral. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.15, p.267-272, 1991.

VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, J. **Uma visão sobre qualidade do solo**. 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/rSb9bsbsgjBqw4t9b9jrDBC/#>. Acesso em: 29 nov. 2023.

VIEIRA, N. M. B. et al. Comportamento dos genótipos de feijoeiro em relação à adubação com nitrogênio mineral e inoculação com rizóbio. **Agropecuária Catarinense, Florianópolis**, v. 18, n. 1, p. 57-61, 2005.

VITORINO, M. T. **Cultivares de feijão comum submetidas à inoculação de sementes com diferentes estirpes de rizóbio e doses de nitrogênio**. 2015. Disponível em: <http://repositorio.uem.br:8080/jspui/handle/1/1372>. Acesso em: 30 out. 2023.

VIÇOSI, K. A.; PELÁ, A. **Doses de nitrogênio em cobertura e inoculação com *Rhizobium tropici* na cultura do feijão-vagem**. 2020. Disponível em: <https://ojs.unesp.br/index.php/rculturaagronomica/article/view/2446-8355.2020v29n3p326-336>. Acesso em: 29 nov. 2023.

UFSC. **Estação meteorológica área experimental UFSC Curitibanos (CIRAM/EPAGRI)**. Disponível em: <http://agriculturaconservacionista.ufsc.br/agrometeorologia/estacao-area-experimentalepagri/>. Acesso em: 18 out. 2022.

XAVIER, G.R.; et al. Especificidade simbiótica entre rizóbios e acessos de feijão-caupi de diferentes nacionalidades. **Caatinga**, 19:25-33, 2006.

ZILLI, J.E.; et al. Eficiência simbiótica de estirpes de *Bradyrhizobium* isoladas de solo do Cerrado em caupi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 41:811- 818, 2006.

ZILIO, M. **Potencial de uso de genótipos crioulos de feijão no Oeste e planalto sul catarinense quanto ao desempenho agrônômico, qualidade tecnológica e nutricional dos grãos**. 2010. Disponível em: https://www.udesc.br/arquivos/cav/id_cpmenu/1350/Dissertacamarcio_zilio_vf_15676828464426_1350.pdf. Acesso em: 5 jan. 2021.

ZUCARELI, C. et al. Adubação do feijoeiro cultivado no norte de Minas Gerais com nitrogênio e fósforo. 2006. **Revista Ceres**, 58:115-20.

_____, C. et al. **Associação de fosfatos e inoculação com *Bacillus subtilis* e seu efeito no crescimento e desempenho produtivo do feijoeiro**. 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rceres/a/93Dx8c5L5KmWBXdfQPYLCSN/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 17 nov. 2023.

WEKESA, C. S. et al. Isolation and characterization of high-efficiency rhizobia from western kenya nodulating with common bean. **Frontiers in 27 Microbiology**, v. 12, 2021. ISSN 1664-302X. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmicb.2021.697567>. Acesso em: 30 out. 2022.

WIBBELT, C. K. **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. Acesso em: 29 nov. 2023.

ZHU, J. et al. The utility of phenotypic plasticity of root hair length for phosphorus acquisition. **Functional plant biology**, v. 37, n. 4, p. 313-322, 2010. ISSN 1445-4416.