

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM AGROECOLOGIA**

PAULO CEZAR LOPES

**INOCULAÇÃO E CO-INOCULAÇÃO COM BACTÉRIAS FIXADORAS DE
NITROGÊNIO NA PRODUTIVIDADE DE GENÓTIPOS DE FEIJÃO EM
MANEJO AGROECOLÓGICO**

Maringá - PR

2021

PAULO CEZAR LOPES

**INOCULAÇÃO E CO-INOCULAÇÃO COM BACTÉRIAS
FIXADORAS DE NITROGÊNIO NA PRODUTIVIDADE DE GENÓTIPOS DE
FEIJÃO EM MANEJO AGROECOLÓGICO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agroecologia, Mestrado Profissional, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual de Maringá, como requisito para obtenção do título de Mestre em Agroecologia.

Orientador: Prof. Dr. HigoForlan Amaral

Maringá - PR

2021

DEDICATÓRIA

À minha família, pelo companheirismo de todos os momentos, pela compreensão, carinho e apoio durante tantos anos.

AGRADECIMENTOS

A Universidade Estadual de Maringá (UEM), PROFAGROEC E SETI pela oportunidade concedida para a realização do Mestrado.

Ao IDR - Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná, que proporcionou a realização das atividades de Campo.

Ao professor Dr. Higo Forlan do Amaral, pelo tempo e confiança depositados nesse trabalho e por todo conhecimento transmitido ao longo desses anos.

A Dra. Vânia Moda Cirino, pela amizade e contribuição para o desenvolvimento desse trabalho. Sem você, a conclusão deste trabalho não seria possível!

Ao Dr José dos Santo Neto que sempre presente apoiando nas atividades.

Aos membros da banca, Dra. Diva de Souza Andrade e Dr. Carlo Alberto de Bastos Andrade, pela disponibilidade para avaliar e enriquecer esse trabalho com seus conhecimentos.

A todos os professores do Mestrado em Profissional em Agroecologia, pela mediação de conhecimento, auxílio e contribuição ao trabalho.

A todos que profissional e pessoalmente colaboram com minha formação, meus sinceros agradecimentos.

RESUMO

Este trabalho objetivou a avaliar a produtividade de genótipos de feijão inoculadas com bactérias fixadoras de nitrogênio, visando a produção agroecológica. O experimento foi realizado no Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná – IAPAR-EMATER, em Londrina, em delineamento de blocos ao caso em esquema fatorial (10x4) com quatro repetições, sendo Fator 1 os tipos de inoculação bacteriana (*Rhizobium tropici*, *Azospirillum brasilense*, *R. tropici* + *A. brasilense* e sem inoculação) e Fator 2 as cultivares/linhagens (IPR Campos Gerais, IPR Sabiá, IPR Curió, BRS Estilo, IPR Tuiuiú, IPR Urutau, BRS Esteio, IPR Garça, BRS Realce e LP 15-02). Antes da semeadura, foi realizado o preparo da área seguindo as premissas do sistema de produção orgânica do estado do PR, aplicando apenas o fertilizante orgânico simples Magmaton (01 – 00 – 00) e preparo mecânico superficial do solo. As cultivares e a linhagem foram inoculadas de acordo com os tratamentos seguindo as recomendações dos fabricantes e logo em seguida, semeadas na área. Ao final do ciclo, foi realizada a pesagem e determinado a umidade sendo corrigida para 13 % para cálculo de produção. A análise estatística foi realizada com os pressupostos da ANOVA e a comparação múltipla das médias, realizada pelo teste Student-Newman-Keuls (SNK). As análises mostraram haver diferença significativa para os fatores estudados e suas interações. Considerando o desdobramento do Fator 1 dentro de Fator 2, observa-se diferença nos “níveis” de bactérias para as cultivares: BRS ESTEIO, BRS ESTILO, BRS REALCE, IPR GARÇA, IPR SABIÁ, IPR TUIUIÚ. Já para o desdobramento de Fator 2 dentro de Fator 1, verifica-se diferença para todos os níveis do fator bactérias. A média de produtividade do cultivar BRS Esteio inoculada com *R. tropici*+*Azospirillum* diferiu estatisticamente daquela inoculada somente com *Azospirillum* e da testemunha, enquanto o tratamento com *Rhizobium* não diferiu de ambos. Os materiais BRS ESTEIO e IPR CAMPOS GERAIS apresentaram melhor desempenho produtivo com inoculação de *R. tropici* associado a co-inoculação de *A. brasilense*. Portanto, são excelentes materiais que respondem a fixação biológica de nitrogênio e propriedades associadas destas bactérias.

Palavras-chave: Paraná Agroecológico, Bactérias Promotoras de Crescimento Vegetal, Cultivares de feijoeiro.

ABSTRACT

This work aimed to evaluate the productivity of common bean genotypes inoculated with nitrogen-fixing bacteria, aiming at agroecological production. The experiment was carried out at the Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná – IAPAR-EMATER, in Londrina, in a case-by-case block design in a factorial scheme (10x4) with four replications, with Factor 1 being the types of bacterial inoculation (Rhizobium tropici, Azospirillum brasilense, R. tropici + A. brasilense and without inoculation) and Factor 2 the cultivars/lines (IPR Campos Gerais, IPR Sabiá, IPR Curió, BRS Estilo, IPR Tuiuiú, IPR Urutau, BRS Esteio, IPR Garça, BRS Realce and LP 15-02). Before sowing, the area was prepared following the premises of the organic production system in the state of PR, applying only the simple organic fertilizer Magmaton (01 – 00 – 00) and mechanical surface preparation of the soil. The cultivars and the strain were inoculated according to the treatments following the manufacturers' recommendations and then sown in the area. At the end of the cycle, weighing was carried out and the humidity was determined, being corrected to 13% for production calculation. Statistical analysis was performed using the ANOVA assumptions and the multiple comparison of means was performed using the Student-Newman-Keuls (SNK) test. The analyzes showed a significant difference for the factors studied and their interactions. Considering the unfolding of Factor 1 within Factor 2, there is a difference in the “levels” of bacteria for the cultivars: BRS ESTEIO, BRS ESTILO, BRS REALCE, IPR GARÇA, IPR SABIÁ, IPR TUIUIÚ. As for the splitting of Factor 2 into Factor 1, there is a difference for all levels of the bacteria factor. there is a difference in the “levels” of bacteria for the cultivars: BRS ESTEIO, BRS ESTILO, BRS REALCE, IPR GARÇA, IPR SABIÁ, IPR TUIUIÚ. As for the splitting of Factor 2 into Factor 1, there is a difference for all levels of the bacteria factor. The mean productivity of the cultivar BRS Esteio inoculated with R.tropici+Azospirillum was statistically different from that inoculated only with Azospirillum and from the control, while the treatment with Rhizobium did not differ from either. The materials BRS ESTEIO and IPR CAMPOS GERAIS presented better productive performance with inoculation of R. tropici associated with co-inoculation of A. brasilense. Therefore, they are excellent materials that respond to biological nitrogen fixation and asocial properties of these bacteria.

Keywords: Paraná Agroecological, Plant Growth-Promoting Bacteria, Bean cultivars

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Produtividade (kg. ha^{-1}) de diferentes materiais de feijoeiro em inoculação de *Azospirillum* (Azos), *Rhizobium tropici* (Rhiz) e sem inoculação (Test) cultivados em manejo agroecológico.....27 e 28

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 Índices matemáticos e estatísticos da ANOVA, variável produtividade (kg. ha-1) de variedades de feijoeiro e bactérias diazotróficas. Fator 1: bactérias (Fat Bac). Fator 2: cultivares de feijoeiro (Fat Cult).	23
Quadro 2 Índices matemáticos e estatísticos da ANOVA, variável produtividade (kg. ha-1) de variedades de feijoeiro e bactérias diazotróficas. Fator 1: bactérias (Fat Bac). Fator 2: cultivares de feijoeiro (Fat Cult). Desdobramento Fat Bac dentro de cada nível de fat Cult.....	24
Quadro 3 Índices matemáticos e estatísticos da ANOVA, variável produtividade (kg. ha-1) de variedades de feijoeiro e bactérias diazotróficas. Fator 1: bactérias (Fat Bac). Fator 2: cultivares de feijoeiro (Fat Cult). Desdobramento Fat Cult. dentro de cada nível Fat Bac.....	24

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	1
2.	REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1	Aspectos botânicos e agronômicos	3
2.2.	Produção de feijoeiro no Brasil	5
2.3.	Feijoeiro no Paraná	6
2.4.	Cultivares e seleção de feijoeiro	7
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	20
3.1.	Local e delineamento experimental	20
3.2	Preparo do ambiente para semeadura	20
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
4.1.	Resultados da ANOVA e desdobramento fatorial	23
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	31
	REFERÊNCIAS.....	32

1. INTRODUÇÃO

O feijão (*Phaseolus vulgaris*L.) apresenta grande importância no Brasil, sendo cultivado em todo território nacional. Essa cultura se destaca na agricultura paranaense, o qual é o principal estado produtor, amplamente produzido por pequenos e médios produtores. Além disso, o feijoeiro apresenta a característica de grande demandadora de mão-de-obra tanto familiar quanto contratada, propiciando oportunidade de trabalho (SALVADOR, 2015).

Devido ao seu caráter econômico, significância social e por ser um alimento básico para a população, o feijoeiro é considerado uma das culturas mais difundidas no Brasil. Mesmo com sua importância no mercado nacional, essa cultura ainda apresenta uma produtividade relativamente baixa, fato relacionado ao cultivo de subsistência e baixa fertilidade do solo, dentre outros.

Visando o aumento na rentabilidade econômica dos produtores de feijão, o mercado dispõe de diversas tecnologias. Dentre elas, estão as variedades melhoradas as quais oferecem um aumento na produtividade da cultura, entretanto está sujeito a disponibilidade de sementes no mercado. Além disso, são genótipos mais exigentes que requerem, entre outros recursos, a utilização de uma grande quantidade de fertilizantes, os quais contribuem significativamente com o aumento no custo de produção e tem sua parcela de contribuição na poluição ambiental (FAO, 2014).

A fixação biológica do nitrogênio (FBN) surge como uma das tecnologias capaz de reduzir o custo com insumos, garantindo sustentabilidade na produção e rentabilidade ao produtor (SANTOS et al., 2012). Assim, essa tecnologia traz vantagens como a suplementação de nitrogênio (N) e redução na aplicação de fertilizantes nitrogenados, sendo, portanto, uma técnica conservacionista, economicamente viável, ambientalmente correta e socialmente vantajosa (HUNGRIA, 2011).

A FBN, trata-se de um importante processo biológico que torna o N atmosférico disponível as plantas. Esse processo é realizado por meio de interações de bactérias especializadas com a planta, convertendo bioquimicamente o nitrogênio atmosférico (N₂) em amônia (NH₃), catalisada por intermédio da enzima nitrogenase (VARGAS et al., 2002). Depois da fotossíntese, a FBN é considerada como o

processo biológico mais importante para a existência de vida na Terra, pois é a principal via de incorporação do N à biosfera (REIS JUNIOR et al., 2011).

Quando bem modulado ativa, o feijoeiro dispensa o uso de outras fontes de N para atingir altos níveis de produtividade. Em algumas espécies esse processo é reconhecidamente eficiente, a exemplo do feijão-caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] (RUMJANEK et al., 2005). Ainda segundo esses autores, existe uma grande variabilidade da contribuição da FBN no campo, tendo sido obtidos valores numa faixa de 40 a 90% do total de N acumulado. São vários os fatores que ocasionam essa variabilidade na eficiência da FBN, os quais podem ser atribuídos tanto ao genótipo da planta quanto ao rizóbio inoculado.

A fim de reduzir custos e aumentar o valor comercial da cultura, muitos produtores optam pelo sistema de produção orgânica, o qual não permite o uso de adubos nitrogenados sintéticos. Se implantado em um ambiente sem as condições nutricionais capaz de suprir as necessidades da cultura, a produtividade máxima não será alcançada. Dessa forma, para a produção no sistema agroecológico-orgânico, diversos processos agrônômicos que substitua a introdução de insumos sintéticos devem ser empregados, para produzir alimentos de qualidade e em quantidades significativas.

A eficiência do processo de FBN depende de ambos os organismos, a planta hospedeira (macro simbiote) e o rizóbio (microsimbiote). Assim, tem-se a necessidade do conhecimento da interação entre os genótipos de feijão com os inoculantes disponíveis no mercado, a fim de recomendar para os produtores que optam pelo sistema agroecológico-orgânico o genótipo que apresenta a maior rentabilidade (produtividade). Desta forma, a hipótese do trabalho é a possibilidade de produzir feijão utilizando exclusivamente a tecnologia de FBN, para que possa ser recomendado aos produtores do sistema agroecológicos-orgânicos.

O objetivo desse trabalho foi avaliar a resposta de cultivares de feijão, disponíveis no mercado, quanto ao processo de inoculação com bactérias fixadoras de nitrogênio, visando a produção no sistema agroecológico-orgânico.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Aspectos botânicos e agronômicos

Pertencente à família Fabaceae e ao gênero *Phaseolus spp.*, o feijão é uma espécie de leguminosa proveniente das regiões de cultura inca (KAPLAN, 1965). Há diversas teorias sobre a existência do feijoeiro, sendo a de Vavilov (1931) citado por Debouck (1991) a mais aceita. O autor pressupõe que a origem evolutiva do gênero *Phaseolus* e sua diversificação primária ocorreram nas Américas, porém o seu local exato de surgimento ainda gera discussões. Vestígios arqueológicos da espécie cultivada chegam a idades próximas de 10.000 anos (GEPTS; DEBOUCK, 1991).

Dados sugerem que o centro de origem dessa cultura seja na América Central ou ao Sul dos Andes (Sul do Peru, Bolívia, Norte da Argentina). Um terceiro centro é ainda sugerido na região da Colômbia (GEPTS; DEBOUCK, 1991). Segundo Maiti (1997), o feijoeiro tornou-se mundialmente conhecido após sua introdução no “Novo Mundo”, conhecida como hemisfério ocidental, abrangendo mais especificamente o continente americano.

Já no Brasil, há indícios que o feijoeiro está presente há mais de 2000 anos (GEPTS; DEBOUCK, 1991). Segundo Zimmermann e Teixeira (1996), provavelmente a introdução do feijoeiro no país pode ter ocorrido de três formas diferentes: feijões pequenos originários do México seguiram para o Caribe, Colômbia, Venezuela e finalmente chegou ao Brasil; feijões grandes provenientes dos Andes (Peru); e feijões provenientes da Europa introduzidos no Brasil por imigrantes.

Estima-se a existência de 55 espécies de feijoeiro pertencentes ao gênero *Phaseolus*, sendo a espécie *P. vulgaris*(L). a mais conhecida e cultivada, por possuir maior número de variedades (MESQUITA et al., 2007). O feijão comum é uma espécie de grande interesse agronômico no mundo, pois representa um dos alimentos mais importantes da dieta alimentar humana (ANGIOI et al., 2010), principalmente nos países em desenvolvimento, por ser uma fonte proteínas, ferro, cálcio, zinco, vitaminas do complexo B, carboidratos, fibras e lisina, de menor custo do que a fonte animal (MESQUITA et al., 2007).

Estima-se também, a existência de aproximadamente 40 tipos de feijões (MAPA, 2015), cultivados em toda parte do território brasileiro com diferentes

condições ambientais, devido a sua boa adaptabilidade edafoclimática. Sendo assim, a interação genótipos x ambientes assume grande importância permitindo o cultivo da cultura por até três safras por ano agrícola (CARBONELL et al., 2004; MELO et al., 2007; PEREIRA et al., 2009).

Apesar do grande número de espécies cultivadas em várias épocas do ano, em diferentes biomas, o feijoeiro trata-se de uma leguminosa herbácea que pode apresentar hábito de crescimento determinado ou indeterminado e ciclo precoce, médio e tardio, os quais podem variar de 60 a 100 dias do semeio a colheita (FERREIRA; DEL PELOSO; FARIA, 2003). Possui sistema radicular com, aproximadamente, 80% das raízes principais e secundárias distribuídas em 10 centímetros superficiais, podendo variar de acordo com a influência das condições ambientais (PORTES, 1988; FERREIRA; DEL PELOSO; FARIA, 2003).

No Brasil, o cultivo do feijão é realizado em diferentes épocas ou safras de acordo com a região. Essas safras são divididas em três períodos, sendo a primeira, conhecida como “safra das águas” devido o plantio e a colheita serem realizados em altos índice de pluviométricos. Essa safra, na região Centro-Sul, vai dos meses de agosto a dezembro e no Nordeste, de outubro a fevereiro. A segunda safra, realizada no período com o menor índice pluviométrico no país, é denominada de “safra da seca”, que se dá entre os meses dezembro a março. Já a terceira, a “safra irrigada”, assim conhecida, por ter necessidade de irrigação, concentra-se na região Centro-Sul entre os meses abril a junho (MAPA, 2015).

Alguns fatores climáticos, como geadas, temperaturas elevadas e excesso ou falta de chuvas podem influenciar o desenvolvimento e produtividade. O déficit hídrico pode ser apontado como principal para diminuição das produtividades, principalmente quando ocorre nos períodos de florescimento e o enchimento dos grãos (vagens) – sendo os 15 dias que antecede a floração e estágio inicial de formação os períodos mais críticos. O excesso de chuva também pode acarretar tais perdas, visto que poderá ocorrer a abortamento de flores e o aumento da ocorrência de doenças (FERREIRA; DEL PELOSO; FARIA, 2003).

Temperaturas altas tendem a ser mais prejudicial durante os períodos de florescimento e formação das vagens. Associado a baixa umidade relativa do ar e ventos fortes pode comprometer o pegamento e a retenção das vagens do feijão. Quando as temperaturas médias relativas predominantes são baixas pode causar

abortamento de flores, que também resultará em deficiências nos órgãos reprodutores masculino e feminino (FERREIRA; DEL PELOSO; FARIA, 2003).

2.2. Produção de feijoeiro no Brasil

O feijão (*Phaseolus vulgaris*L.) tradicionalmente consumido pelos brasileiros, é considerado um dos principais componentes da dieta alimentar brasileira. Importante fonte de proteína, ferro e carboidratos, os grãos desta leguminosa se destacam na dieta humana dos países em desenvolvimento das regiões tropicais e subtropicais (EMATER, 2018).

Cultura presente nas mesas das populações de baixa renda, é produzido principalmente por pequenos produtores da agricultura familiar (COELHO, 2019). Com produção média (nos últimos 10 anos) de $\approx 3,1$ milhões de toneladas (t), o país ocupa o terceiro lugar em produção no mundo, atrás apenas de Myanmar e Índia (CONAB, 2020). O Brasil, juntamente com Estados Unidos, México e Tanzânia, são responsáveis por mais 57% do total produzido no mundo, ou 15,3 milhões de toneladas (FAOSTAT, 2019).

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2020), o Brasil colheu em média 3,02 milhões de toneladas no período de 2010 a 2019. Nesse intervalo, os 5 maiores produtores da leguminosa foram: Paraná (21,7%), Minas Gerais (16,8%), Goiás (11,8%), Mato Grosso (11,4%) e São Paulo (8,3%). Juntos estes estados respondem por mais de 70% da produção nacional.

Na safra 2018/2019 o país produziu, aproximadamente, três milhões de toneladas de feijão em pouco mais de 2,9 milhões de hectares (ha), sendo a safra da seca responsável por mais de 43% da produção total do feijoeiro. A menor taxa foi registrada na safra irrigada com apenas 24% da produção total nacional. O feijão do tipo carioca foi a espécie mais produzida (aproximadamente 1,9 milhão de toneladas), representando mais de 62% da produção total na safra 2018/2019 (CONAB, 2020).

De acordo com o décimo segundo levantamento realizado pela CONAB (2020), a produção nacional total para a safra 2019/2020 foi de 3,23 milhões de toneladas de grãos de feijão. Com a colheita da safra das águas finalizadas, a produção ficou em 1,07 milhão de toneladas, 7,6% superior ao volume produzido no mesmo período na safra 2018/2019 Já para a safra da seca, houve produção de

1,24 milhão de toneladas, representando 38% da produção total na safra 2019/2020 (CONAB, 2020).

Para a safra 2019/2020 foram destinados pouco mais de 2,9 milhões de hectares (ha) para o cultivo do feijoeiro, sendo 88% produzido com o feijão tipo carioca e caupi e os demais 12% com feijão preto (CONAB, 2020). Esse percentual está diretamente relacionado com o hábito alimentar das famílias brasileiras. O feijão preto, plantado em 11,6% da área produtora de feijão na safra de 2018/2019, tem maior consumo no Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Sul e Leste do Paraná, Rio de Janeiro, Sudeste de Minas Gerais e Sul do Espírito Santo. No restante do país este tipo de grão tem pouco ou quase nenhum valor comercial ou aceitação. O tipo carioca é aceito em praticamente todo o Brasil, onde, 44,8% da área cultivada foi semeada com este tipo de grão durante a mesma safra. O feijão caupi ou feijão de corda é o mais aceito na Região Norte e Nordeste, com 43,5% da área total cultivada (MAPA, 2015; CONAB, 2020).

O feijoeiro, é cultivado em todo território brasileiro, no entanto as regiões Sul, Sudeste e Centro-oeste são os maiores produtores, responsáveis por 29, 25,5 e 25% do volume produzido na safra 2018/2019, respectivamente (IBGE, 2020). Dentre os estados, o Paraná é considerado o maior produtor com 613 mil toneladas produzidas, atingindo mais de 21,7% da produção nacional total na safra de 2018/2019, seguido por Minas Gerais, que chegou à colher 490 mil toneladas do grão, 16,8% da produção nacional total (IBGE, 2020).

2.3. Feijoeiro no Paraná

O feijão ocupa lugar de destaque na agricultura paranaense. O cultivo da leguminosa é a principal alternativa para pequenos e médios produtores, e apresenta a característica de grande demanda de mão-de-obra. A cultura sempre teve um papel importante para a economia paranaense como geradora de emprego e renda no setor agrícola (SALVADOR, 2018).

Na safra 2019/2020 o Paraná produziu 580,1 mil toneladas de feijão, considerando o total das três safras, em uma área cultivada de 376,6 mil hectares (ha). O potencial produtivo das três safras não foi atingido devido à instabilidade climática e apresentou redução de 5,4% na produção de grãos de feijão em relação à safra anterior. Essa queda está diretamente relacionada a redução na área

destinada ao plantio da cultura na safra, visto que a produtividade se manteve (média de 1,5 t. ha⁻¹) (IBGE, 2020).

De acordo com os dados disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2020), na safra 2018/2019 as mesorregiões paranaenses Sudeste, Centro-oriental, Sudoeste e metropolitana de Curitiba foram as que mais produziram feijão no estado, contribuindo ≈76% do volume produzido.

Dentre as microrregiões, 15 municípios se destacam na produção estadual: Prudentópolis, Pato Branco, Ponta Grossa, Guarapuava, Irati, Telêmaco Borba, Curitiba, Francisco Beltrão, Cascavel, São Mateus do Sul, Rio Negro, Jaguariaíva, Ivaiporã, União da Vitória e Lapa, onde juntas correspondem a 88% da produção estadual e a 19% da produção nacional na safra 2018/2019 (IBGE, 2020).

Com 100% da área (152,3 mil hectares) destinado ao cultivo na safra das águas colhidas, constatou-se um aumento de 30,8% na produção em relação ao mesmo período do ano anterior, chegando a 323,3 mil toneladas. A produtividade chegou a 2.100kg. ha⁻¹, alta de 40% ante os 1.500kg. ha⁻¹ da safra 2018/2019. Já para a safra da seca a produção foi de 258,7 mil toneladas de feijão colhidas de 222 mil hectares (DERAL, 2020).

Além da boa adaptabilidade do feijoeiro a diferentes condições edafoclimática, o investimento constante em pesquisas para a seleção de novas variedades contribui com o bom desempenho da cultura no Paraná.

2.4. Cultivares e seleção de feijoeiro

Detentora do maior número de cultivares de feijão lançadas para o estado do Paraná, o Instituto Agrônomo do Paraná – IAPAR dispõem de cultivares do grupo carioca (IPR Campos Gerais, IPR Tangará, IPR Curió, IPR Andorinha, IPR Bem te vi, IPR SABIÁ), grupo preto (IPR Tuiuiú, IPR Uirapuru, IPR Nhambu e IPR Urutau) e apenas um cultivar do grupo branco (IPR Garça) (IAPAR, 2020). Já a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) apresentou na 19ª feira internacional ExpodiretoCotrijal duas cultivares do grupo carioca (BRS FC 402 e BRSMG Madre Pérola) uma do grupo preto (BRS Esteio) e um do grupo rajado (BRSMG Realce) recomendados para o plantio no estado do Paraná (MAGALHÃES, 2018). Ambos cultivares apresentam alto nível tecnológico.

Segundo o IAPAR (2020), o IPR Sabiá é um dos mais novos cultivares lançado pelo Instituto registrada no ano de 2018 para o plantio nos estados do Paraná, Rio Grande do Sul, Santa Catarina, São Paulo e Mato Grosso do Sul. Trata-se de uma cultivar com porte que favorece as colheitas realizadas mecanicamente e apresenta resistência ao vírus do mosaico comum (*Bean common mosaicvirus*– BCMV), ferrugem (*Uromycesphaseoli*) e oídio (*Erysiphe diffusa*), além de resistência moderada a antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*), crestamento bacteriano comum (*Xanthomonas axonopodis* pv. *Phaseoli*), murcha de *Curtobacterium* (*Curtobacterium flaccumfaciens* pv. *Flaccumfaciens*), murcha de fusário (*Fusarium oxysporum* f.) e mancha angular (*Isariopsis griseola*). Com potencial produtivo superior a 4,5 toneladas. Com ciclo médio de 87 dias e alta inserção da primeira vagem acaba tornando-se um atrativo da cultivar para os produtores de feijão.

Lançadas no ano de 2009, os cultivares IPR 139 e IPR Corujinha são indicadas para cultivo no estado do Paraná na safra de águas e seca. Apresenta como características principais o porte ereto que favorece a colheita mecânica e o ciclo médio. Cultivares lançadas no mercado há mais tempo, IPR Tangará, IPR Eldorado e IPR Siriri são indicadas no zoneamento agrícola de risco climático além de ambas possuírem resistência ao BCMV. Além dessas características, o IPR Tangará também apresenta potencial produtivo médio de 3.326 kg. ha⁻¹, resistência a murcha de *Curtobacterium*, murcha de fusário e ferrugem e resistência moderada ao oídio e mancha angular, além de tolerância intermediária a altas temperaturas e à seca ocorridas durante a fase reprodutiva. Em contrapartida, esse cultivar apresenta suscetibilidade a antracnose e crestamento bacteriano comum. Além das características anteriormente citados, a resistência ao mosaico dourado do feijoeiro (*Bean Golden mosaicvirus* – BGMV) é a característica mais relevante do IPR Eldorado, visto que atualmente é a virose mais limitante para a cultura. Apesar de ser uma resistência do tipo horizontal ou parcial, não apresenta redução significativa em sua produtividade (IAPAR, 2020).

Cultivar do grupo carioca também do IAPAR, IPR CURIÓ foi lançada em 2015. Trata-se de uma cultivar de ciclo precoce chegando a fase de colheita com cerca de 70 dias após sua germinação. Mesmo com ciclo precocidade, possui potencial produtivo de 3,8 toneladas. Quanto a sanidade apresenta resistência ou

moderada resistência as principais doenças que atacam a cultura do feijoeiro (IAPAR, 2020).

O IPR Uirapuru foi a primeira cultivar do grupo preto lançada pelo IAPAR, registrada há 20 anos. Trata-se de um cultivar de ampla adaptação e de porte ereto que possibilita a colheita mecânica. Cultivar com tempo médio de 86 dias, possui resistente à ferrugem, oídio e ao BCMV. Como característica negativa está a sua susceptibilidade à antracnose, crestamento bacteriano comum, murcha de *curtobacterium*, murcha de fusário e mancha angular. IPR Uirapuru também é indicada para áreas de risco climático, visto que apresenta boa tolerância ao estresse hídrico e temperaturas mais elevadas ocorridos durante a fase reprodutiva. Essas mesmas características são observadas no cultivar IPR Tiziu, que apresenta também um alto potencial produtivo e resistência ao BCMV e ferrugem (IAPAR, 2020).

Algumas cultivares do grupo preto lançadas pelo IAPAR, IPR Gralha e IPR Tuiuiú apresentam como principais características a tolerância à seca e altas temperaturas ocorridas durante a fase reprodutiva, além do ciclo médio com duração entre 88 e 89 dias. IPR Gralha apresenta também resistência a ferrugem, oídio e BCMV, resistência moderada a antracnose, crestamento bacteriano comum, mancha angular e murcha de *curtobacterium*. Já IPR Tuiuiú não é recomendado para regiões com antracnose e crestamento bacteriano comum, devido a sua susceptibilidade. Disponibilizadas recentemente para o produtor, as cultivares IPR Nhambu e IPR Urutau possuem resistência ou moderada resistência as principais doenças tendo um potencial produtivo superior a 4,5 toneladas por hectare (IAPAR, 2020).

Única do grupo branco recomendada para o Paraná lançada pelo IAPAR, IPR Garça é indicada no zoneamento agrícola de risco climático. Apresenta resistência a antracnose e ao BCMV, resistência moderada a ferrugem, mancha angular, murcha de *curtobacterium* e murcha de fusário. Porém, é uma cultivar susceptível ao crestamento bacteriano comum e oídio. Por ser um material de origem andino tem seu cultivo voltado ao mercado externo e interno como feijão gourmet (IAPAR, 2020).

Outras cultivares do grupo carioca, lançadas pela EMBRAPA, BRS FC402 e BRSMG Madrepérola são recomendadas para o estado do Paraná. BRS FC402 destaca-se com sua resistência à antracnose e à murcha de fusário, fungos mais limitantes para o feijoeiro. Trata-se de uma cultivar altamente produtivo que pode

alcançar até 4,5 mil kg. ha⁻¹ em ambientes favoráveis. Já e BRSMG Madrepérola chama atenção, principalmente, pela cor clara que se mantêm por um período maior quando comparadas a outras cultivares do grupo, permanecendo com a qualidade dos grãos. Possui potencial produtivo alto e resistência aos principais microrganismos fitopatogênicos que ocorrem na região, como BCMV e várias raças de antracnose. Porém não é um cultivar com tolerância ao acamamento (MAGALHÃES, 2018).

BRS Esteio e BRSMG Realce são as únicas representantes dos grupos pretos e rajados, respectivamente. Com alto potencial produtivo comparado a outras do grupo, o cultivar BRSMG Realce chega a alcançar produtividade média de 2.128 kg. ha⁻¹. Possui, ainda, resistência ao BCMV e resistência intermediária à antracnose, cretamento bacteriano, ferrugem, mancha angular e à murcha de fusário. Já BRS Esteio tem potencial produtivo 8,1% superior aos demais cultivares do grupo preto, fazendo desta uma atrativa característica. De arquitetura ereta, esse cultivar facilita a colheita realizada mecanicamente, além de ter apresentado sob inoculações artificiais resistência ao BCMV e a quatro raças do agente causador da antracnose. Somado ao fato desse cultivar apresentar risco de produção muito pequeno para o agricultor, torna-se uma boa opção à agricultura familiar com indicação para sistemas com baixo uso de insumos (MAGALHÃES, 2018).

A escolha de um cultivar recomendado para o zoneamento agrícola de determinada região, associado a outras tecnologias, como a fixação biológica de nitrogênio (FBN), podem contribuir com o potencial produtivo do feijoeiro.

2.5. Fertilidade e nutrição do feijoeiro

Por conta de seu sistema radicular superficial e ciclo curto, o feijoeiro é considerado uma planta nutricionalmente exigente (ROSOLEM; MARUBAYASHI, 1994). De acordo com Bulisani (1987), os nutrientes mais absorvidos e exportados pela cultura do feijoeiro são: nitrogênio (N) e potássio (K), seguidos por cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S) e fósforo (P). Esses elementos participam de compostos estruturais e em parte das funções metabólicas das plantas, comprovando a sua importância para um bom desenvolvimento das mesmas (BRAGA; YAMADA, 1984).

Dentre os macronutrientes, o N é um dos elementos mais requeridos quantitativamente para que ocorra o desenvolvimento adequado das plantas,

desempenhando funções importantes para a cultura (SILVA et al., 2005; GOMES et al., 2007; TAIZ et al. (2017)). O N é um elemento essencial para a formação de aminoácidos, conseqüentemente, proteínas e enzimas, bem como bases nitrogenadas componentes dos materiais genéticos (DNA e RNA) (MOREIRA; SIQUEIRA, 2009; TAIZ et al. 2017).

O N na planta também desempenha funções importantes na clorofila, o qual está envolvida na fotossíntese (TAIZ et al., 2017). Ou seja, a ausência desse nutriente na planta, irá restringir a produção de clorofila e, conseqüentemente, interferir em funções essenciais como a absorção de nutrientes e a produção de carboidratos vitais para seu desenvolvimento. Esse é um dos nutrientes de maior importância para as culturas, podendo ser observado ganhos expressivos na produtividade após sua utilização (TAIZ et al., 2017).

O suporte de N deve ser realizado de modo a propiciar uma boa nutrição da planta em época que ainda favoreça o aumento do número de vagens por planta, isto é, até o início do florescimento, já que a nutrição mineral afeta diretamente a fixação de flores de vagens (PORTES, 1996). Miyasaka, Freire e Mascarenhas (1963), recomendam aplicação do N em cobertura até 20 dias após a emergência das plântulas (DAE). Outros trabalhos indicam que o aproveitamento do adubo é maior quando a cobertura é realizada até 36 DAE (ROSOLEM, 1987).

Segundo Arf et al. (1999), durante todo o ciclo do feijoeiro ocorre a absorção do N, porém há épocas em que sua exigência é menor. Aos 35 a 50 dias da emergência é o período de exigência máxima e velocidade de absorção rápida desse nutriente. Diante disso, para proporcionar boa nutrição da planta, o suporte com N deve ser realizado em período correto, para que seja possível aumentar o número de vagens por planta. O período a ser considerada de suma importância à adubação nitrogenada é até o início do florescimento (ROSOLEM, 1996).

2.6. Inoculação de rizobactérias (*Rhizobium* e *Azospirillum*)

Como mencionado anteriormente, o feijoeiro requer grande quantidade de N para manter alta produtividade. O uso de fertilizante nitrogenado é uma prática comum na agricultura, que é responsável por elevar os custos da produção agrícola e gerar danos ao ambiente, uma vez que, os adubos mais eficientes têm em torno de 50% de N aproveitado, devido à ação de processos como a lixiviação,

volatilização de amônia, desnitrificação e imobilização microbiana (REIS JUNIOR et al., 2011).

O uso de outras tecnologias disponíveis no mercado é uma alternativa que visa substituir os sistemas agrícolas tradicionais que se baseiam no uso intensivo de fertilizantes e agroquímicos em busca de maior produção, qualidade de produtos e lucratividade. Devido a maior quantidade de exsudados das plantas ser no solo próximo às raízes, encontra-se ali um ambiente rico em microrganismos (SIQUEIRA; FRANCO, 1998). Por realizarem diversos mecanismos, as bactérias promotoras de crescimento de plantas ("*plant growth-promoting bactéria*", PGPB) destacam-se dos demais organismos, contribuindo cada vez mais com o desenvolvimento de novas tecnologias. Fixação de N, aumento na absorção de água e de nutrientes, controle de fitopatógeno são alguns dos mecanismos realizados pelas PGPB (FIGUEIREDO et al., 2008).

De acordo com Taiz et al. (2017), plantas como as leguminosas estabelecem relações simbióticas com bactérias fixadoras de nitrogênio, para converter o N molecular (N_2) em amônia (NH_3). A amônia (NH_3) é o primeiro produto estável no processo natural de fixação; entretanto, em pH fisiológico, a amônia é "protonada" para formar o íon amônio (NH_4^+). A FBN representa a forma mais importante de fixar o N_2 em forma assimilável pelas plantas. Desse modo, ela representa o ponto-chave do ingresso do N_2 no ciclo biogeoquímico desse elemento, principalmente, na produção comercial de biomassa vegetal.

Essas simbioses ocorrem nos nódulos formados nas raízes dos vegetais contendo bactérias fixadoras. O tipo mais comum de simbiose ocorre entre as espécies da família Fabaceae (leguminosas) e as bactérias do solo dos gêneros *Azorhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Mesorhizobium*, *Rhizobium* e *Sinorhizobium* (comumente chamadas de rizóbios) (VARGAS; HUNGRIA, 1997; LONG (2001)).

A fixação biológica do nitrogênio (FBN) realizada através de bactérias fixadoras conhecidas como diazotróficas e utilizada via inoculantes é uma tecnologia que pode minimizar o uso dos insumos agrícolas, garantindo a sustentabilidade na produção (SANTOS et al., 2012). Essa tecnologia surge como alternativa sustentável, sendo, portanto, uma técnica promissora conservacionista, economicamente viável, ambientalmente correta e socialmente vantajosa para suplementação de nitrogênio (N) (HUNGRIA, 2011).

Durante o processo do estabelecimento da nodulação e FBN, as bactérias penetram as raízes provocando o crescimento de células específicas da planta hospedeira, formando os nódulos. A coloração rósea intensa na parte interna desses nódulos, resultado da presença da proteína leghemoglobina, evidencia a atividade desses nódulos. Essa proteína é essencialmente vital a esses microrganismos aeróbicos, atuando no transporte do oxigênio (HUNGRIA; CAMPO; MENDES, 2001).

De acordo com Huergo (2006), ao contrário do que ocorre com os fertilizantes nitrogenados, o N fornecido pela FBN é menos propenso a lixiviação e volatilização já que ele é utilizado intracelularmente, o que faz com que esse processo biológico seja uma alternativa barata, limpa e sustentável para o fornecimento de N.

A FBN pode ocorrer de forma simbiótica ou assimbiótica. O primeiro mecanismo ocorre por meio de associações mutualistas entre microrganismos fixadores e a planta, já o segundo é realizado por microrganismos fixadores de vida livre. Ambos os organismos são chamados de diazotróficos, devido a essa capacidade em fixar N. Na fixação simbiótica o N é disponibilizado as plantas sob a forma de amônia, o qual irá se combinar com os ácidos orgânicos provenientes da fotossíntese na formação dos aminoácidos. Já na fixação assimbióticas, o N será transformado em formas orgânicas a nível celular que atenderá às necessidades metabólicas do microrganismo fixador. Somente após a morte desse microrganismo que o N orgânico ficará disponível a planta, após sua mineralização (VIDOR et al., 1983).

De acordo com Marin et al. (1999), as bactérias desse gênero são aeróbicas, gram-negativas, produzem poli-b-hidroxibutirato e apresentam mobilidade. Seu crescimento é favorecido em ambientes com temperaturas entre 25-30 °C e pH 6-7. Utilizam carboidratos e sais de ácidos orgânicos como fontes de carbono, caracterizando-as como seres quimiorganotróficas. Fornecem como fontes de nitrogênio compostos como: sais de amônio, nitrato, nitrito e muitos aminoácidos.

Inicialmente, apenas um grupo de bactérias era relatada como sendo capaz de realizar simbiose com o feijoeiro (FRED; BALDWIN; McCOY, 1932). Anteriormente conhecido como *Rhizobium phaseoli* foi reclassificado como *R.leguminosarumbv. phaseoli* (JORDAN, 1984). Com o avanço da tecnologia, estudos realizados por meio da biologia molecular com rizóbios coletados de diversos locais do mundo, apontaram outras bactérias capazes de associar-se ao feijoeiro. Dessa forma, outras espécies foram descritas: *R. tropici* (MARTINEZ-

ROMERO et al., 1991), *R. etlibv. phaseoli* (SEGOVIA; YOUNG; MARTINEZ-ROMERO, 1993), *R. gallicum* vs. *gallicum* e *phaseoli* e *R. giardinibv.giardinie phaseoli* (AMARGER; MACHERET; LAGUERRE, 1997). Após 1997, mais espécies foram isoladas de nódulos de feijoeiro, como *R. mongolense*, *R. etlibv. mimosae*, *R. yangligense*, *Sinorhizobiumamericanum*, *S. frei*, *Mesorhizobium loti*, *M. huakuii* e *Azorhizobiumdoebereineriae* (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

Apesar do grande número de espécies capazes de realizar associação com o feijoeiro, muitos deles estão sujeitos a instabilidade genética perdendo facilmente sua eficiência, a exemplo das espécies *R. leguminosarumbv. Phaseoli* e *R. etli*(FLORES et al., 1988; SOBERÓN-CHAVES et al., 1986). Entretanto, *R. tropicivem* apresentando bons resultados de estabilidade genética e tolerância às condições de temperaturas elevadas e a acidez do solo, fazendo com que essa espécie seja a mais promissora para a FBN em feijoeiro (HUNGRIA; VARGAS, 2000). De acordo com Long (2001), as regras de organização do genoma são diferentes para diversos *Rhizobium*; em alguns casos, os genes da simbiose são agrupados; em outros casos, eles são dispersos. Em alguns casos, os genes estão em plasmídeos e podem se espalhar em alta frequência por conjugação; em outros, os genes estão espalhados entre muitos cromossomos.

No Brasil, de acordo com INSTRUÇÃO NORMATIVA SDA Nº 13, DE 24 DE MARÇO DE 2011 DO MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO, para o feijoeiro são autorizadas para uso em inoculantescomerciais três estirpes de rizóbios. Destas estirpes, duas são de *Rhizobiumtropicivem* (SEMIA4077=CIAT899) isolada na Colômbia e, a SEMIA 4088 isolada de solo do Cerrado e SEMIA 4080 (PRF81) isolada de solo da região de Irati-PR, o qual foi reclassificada como *Rhizobiumfreirei*(DALL'AGNOL et al., 2013).

Experimentos em vasos realizados por Streit et al. (1995), demonstraram alta competitividade da estirpe SEMIA 4077 em condições de pH baixo. Somado ao bom desempenho em temperaturas elevadas, essa estirpe tornou-se uma boa opção para a FBN em solos brasileiros (OLIVEIRA; GRAHAM, 1990). Entretanto, a campo os resultados são variáveis, sendo verificado por Thies, Bohlool e Singleton (1992), baixa competitividade em solos Havaianos e em solos ácidos da Colômbia (WOLFF et al., 1991). Já estudos realizados por Vlassak, Vanderley den e Franco (1996) e Vlassak et al. (1997), demonstraram alta competitividade dessa estirpe em solos de baixa fertilidade no Brasil.

Além do processo de FBN, as PGPB também atuam na produção de fitohormônios que podem proteger as plantas de estresses provenientes de várias situações, aumentando a produtividade das culturas. Ácido indolacético (AIA), zeatina (Citocinina) e o ácido giberélico (GA3) são alguns dos fitohormônios produzidos pelas PGPB, ambos eficazes em pequenas concentrações (OKON; VANDERLEYDEN, 1997; EL-KHAWAS; ADACHI, 1999). Efetivo no crescimento das plantas e no aumento da produtividade de diferentes culturas, o AIA é produzido por espécies pertencentes aos gêneros *Azospirillum*, *Acetobacter* e *Bacillus* (IDRIS et al., 2007). Já a produção de GA3 foi observada em algumas espécies de bactérias, como: *Klebsiella pneumoniae*, *Bacillus megaterium* e *Bacillus cereus* (KARADENIZ; TOPCUOGLU; INAN, 2006; TSAVKELOVA et al., 2007).

Além disso, algumas PGPB são capazes de realizar a solubilização de fosfato (BSF) (HAMEEDA et al., 2008; HAMDALI; VIROLLE; OUHDOUCH, 2008), disponibilizando P para as plantas (MARRA et al., 2011). Essa característica já foi relatada nas bactérias *Enterobacter* sp., *Pseudomonas* sp., *Pseudomonas fluorescens* (PARK; LEE; SON, 2009), *Burkholderia acepacia* SAOCV2 (PEIX et al., 2001) e na *Enterobacter radicincitans* DSM 16656 (RICHARDSON; SIMPSON, 2011). Collavino et al. (2010), estudando PGPB com efeito BSF verificou um aumento na fotossíntese e conteúdo de P e N nas folhas de feijoeiro, indicando um efeito benéfico no uso desses microrganismos. Nesse estudo também foi verificado aumento significativo nos teores de Mg, K e Ca na planta, além de maior peso da matéria seca da parte aérea.

Outro gênero de BPCP, as bactérias do gênero *Azospirillum*, principalmente a espécie *A. brasilense*, vem sendo usada como inoculante em diversas culturas, tais como: algodão, braquiárias, café, cana-de-açúcar, cereais e outras (REIS, 2007). As bactérias fixadoras de nitrogênio são encontradas na natureza na forma de vida livre ou em associação com plantas, e estão em geral amplamente distribuídas no solo (DIDONET et al., 2000).

Esse gênero é encontrado em quase todos os ambientes da terra, pelo fato de serem microrganismos de vida livre. Há relatos de que as bactérias pertencentes a este gênero podem ser endofíticas facultativas (DÖBEREINER; PEDROSA, 1987; HUERGO et al., 2008). Inicialmente a espécie *Spirillum lipoferum* foi observada e descrita por Beijerinckia, em 1978, e assim proposta a sua reclassificação como *Azospirillum*, juntamente com a descrição de duas novas espécies,

Azospirillum lipoferum e *Azospirillum brasilense* e hoje estão descritas 14 espécies no gênero em todo o mundo (TARRAND et al., 1978).

Trata-se de um gênero composto por microrganismos fito-estimuladores que, além de promoverem o crescimento das plantas pela ação da FBN, também é capaz de realizar por meio da produção de fitohormônios como auxinas, citocininas e giberelinas (BLOEMBERG; LUGTENBERG, 2001). Diversos autores comprovaram a eficiência das bactérias diazotróficas do gênero *Azospirillum*, verificando que além de contribuir com o crescimento radicular de algumas culturas melhora a absorção de água e nutrientes pelas plantas (DOORNBOS; VAN LOON; BAKKER 2012).

Além dos benefícios mencionados acima, Ikeda (2010) aponta outros benefícios no uso do *Azospirillum brasilense*, como melhoria na nutrição das plantas, melhoria no potencial hídrico, maior produção de biomassa e altura de plantas. Todas essas melhorias são verificadas em decorrência do aumento do sistema radicular das plantas. Conseqüentemente, a inoculação do feijoeiro com bactérias fixadoras de nitrogênio pode reduzir os custos de produção da cultura, além de ser uma tecnologia de fácil utilização no sistema de produção de feijão orgânico.

2.7. Manejo agroecológico para produção de feijão

As práticas agroecológicas são práticas agrícolas que visam produzir quantidades significativas de alimentos, com integração de diversos processos agrônômicos, isto, em substituição de insumos de alta solubilidade, principalmente, sintéticos (WEZEL et al., 2014). De fato, as práticas agroecológicas contribuem para melhorar a sustentabilidade dos agroecossistemas, ao mesmo tempo que são baseadas em vários processos ecológicos e serviços ecossistêmicos, como ciclagem de nutrientes, como a FBN, regulação natural de pragas, conservação de solo e água, conservação da biodiversidade e sequestro de carbono (WEZEL et al., 2014; NICHOLLS; ALTIERI, 2018). Na agroecologia, considera-se diversos sistemas de produção, como agroflorestal, agricultura sintrópica, biodinâmica e orgânico.

Segundo Altieri, Nicholls e Montalba (2017) todos esses métodos promovem uma gama diversificada de práticas alternativas destinadas a reduzir a dependência de pesticidas químicos sintéticos, fertilizantes e antibióticos, e cortar custos de produção, que por sua vez diminuem as conseqüências ambientais adversas da produção agrícola moderna.

De acordo com o Ministro de Estado da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2011), a normativa Nº 46, de 6 de outubro de 2011, em Requisitos gerais dos sistemas orgânicos de produção, Capítulo I, dos Objetivos pág. 3 [...]

Art. 4º Quanto aos aspectos ambientais, os sistemas orgânicos de produção devem buscar:

I - A manutenção das áreas de preservação permanente;

II - A atenuação da pressão antrópica sobre os ecossistemas naturais e modificados;

III - a proteção, a conservação e o uso racional dos recursos naturais;

IV - Incremento da biodiversidade animal e vegetal; e

V - Regeneração de áreas degradadas.

Art. 5º As atividades econômicas dos sistemas orgânicos de produção devem buscar:

I - O melhoramento genético, visando à adaptabilidade às condições ambientais locais e rusticidade;

II - A manutenção e a recuperação de variedades locais, tradicionais ou crioulas ameaçadas pela erosão genética;

III - A promoção e a manutenção do equilíbrio do sistema de produção como estratégia de promover e manter a sanidade dos animais e vegetais;

IV - A interação da produção animal e vegetal;

V - A valorização dos aspectos culturais e a regionalização da produção; e

VI - Promover a saúde animal por meio de estratégias prioritariamente preventivas.

Art. 6º Quanto aos aspectos sociais, os sistemas orgânicos de produção devem buscar:

I - Relações de trabalho fundamentadas nos direitos sociais determinados pela Constituição Federal;

II - A melhoria da qualidade de vida dos agentes envolvidos em toda a rede de produção orgânica; e

III - Capacitação continuada dos agentes envolvidos em toda a rede de produção orgânica.

Alimentos de qualidade produzidos de forma sustentável vêm ganhando destaque por conta de sua base ecológica (AZADI et al., 2011). De acordo com Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2009), o sistema de produção orgânica não permite o uso de adubos nitrogenados sintéticos, sendo o fornecimento de N em cultivos orgânicos certificados um dos maiores desafios aos produtores. Dessa forma, torna-se indispensável o uso de microrganismos para FBN e outros mecanismos de promoção de crescimento e sanidade como base para a sustentabilidade dos empreendimentos rurais (LOURENÇO, 2016).

De acordo com Gouda et al. (2018) a inoculação de espécies de rizobactérias no solo melhora sua qualidade e aumenta a formação de nódulos. A FBN é realizada por um gene particular denominado *nif* e demais processos genéticos e bioquímicos entre os simbioses. A inoculação de bactérias em plantas para produção de biomassa comercial, como o feijoeiro, revitaliza a atividade de

promoção de crescimento, gestão de doenças e mantém o nível de N (BUTTERY; PARK; VAN BERKUM (1997).

Diversos estudos foram implementados no cultivo de leguminosas com estirpes de bactérias nodulantes do grupo rizóbio, principalmente voltado para a cultura da soja desde sua introdução no Brasil. Para essa cultura, até melhoramento genético da planta para capacidade de associações simbióticas foram realizadas. Anos mais tarde, o enfoque do melhoramento genético se estendeu para outras leguminosas, como o feijão-caupi (*Vigna unguiculata*). Porém, em relação ao feijoeiro comum, não se atingiu o ápice de 100% de suplementação de N via inoculação de *Rhizobium*, sendo necessário mais estudos com o uso de inoculantes bacterianos com estirpes de rizóbio registradas no MAPA (ALCANTARA et al., 2009).

A menor eficiência da simbiose com o rizóbio e feijoeiro para a realização da FBN é reconhecida por diversos autores, influenciando negativamente na produção de grãos. Para o aumento no rendimento da cultura, frequentemente recomenda-se a complementação com adubação nitrogenada (PELLEGRIN et al., 2009; BERTOLDO et al., 2015), agindo em desacordo com as normas técnicas da agricultura orgânica (MAPA, 2009). Em contrapartida, encontra-se pesquisas relatando ganhos em produtividade do feijoeiro utilizando exclusivamente a inoculação de sementes com rizóbio (OLIVEIRA, 2013).

Diante de diversos resultados de pesquisa, percebe-se, portanto, grande variação na resposta do feijoeiro à inoculação de sementes com bactérias. Esses resultados inconstantes podem ser atribuídos a diversos fatores como: pH, nutrientes e umidade do solo, estresses osmóticos, temperaturas elevadas, entre outros (STRALIOTTO; RUMJANEK, 1999; ABOU-SHANAB et al., 2019; Buttery; Park; Berkum (1997). Sendo a interação desses fatores responsáveis pela interferência nos processos simbióticos e assimbióticos entre a planta-microrganismos (GILLER, 2001; CASSINI; FRANCO, 2011).

Soma-se a isso a diferença genética entre os cultivares que também influenciam no desempenho do feijoeiro, fato comprovado por Remans et al. (2008), que observou respostas opostas entre duas cultivares inoculadas simultaneamente iguais. De acordo com Vieira et al. (2005), diversos trabalhos apontam alta variabilidade dos cultivares de feijoeiro na expressão dos nódulos em número e

massa, atividade nitrogenase, nitrogênio acumulado e hábito de crescimento, sendo importante fator que conferem diferenças na nodulação e fixação simbiótica.

Fonseca et al. (2013), estudando a resposta de cultivares de feijão à inoculação das sementes com *R. tropici* (CIAT 899T), observaram maior número de nódulos nas cultivares Madrepérola, Ouro Vermelho e Ouro Negro, sobressaindo das cultivares União, Supremo, Radiante, Bolinha e Majestoso. Albuquerque et al. (2012) também constatou, em estudos semelhantes, variação na nodulação de diferentes genótipos de feijoeiro, observando superioridade no cultivar Ouro Negro. Segundo os autores, possivelmente o melhor desempenho estaria associado ao seu potencial genético para nodulação e FBN.

Nogueira (2005), ao utilizar as estirpes UFLA 02-100 e UFLA 02-127 de *R. tropici* observou um ganho significativo na produtividade do feijoeiro cv Pérola na região de Formiga, Minas Gerais. Oliveira e Sbardelotto (2011), em estudos de inoculação de seis cultivares de feijão com *R. tropici* também pode constatar variabilidade de nodulação entre os materiais, sendo o cultivar carioca IPR Eldorado o que apresentou melhor desempenho. Esses autores sugeriram que esse cultivar fosse considerado como opção ao cultivo com uso de inoculante. Entretanto, apesar dos resultados positivos esse cultivar não se adequa ao zoneamento climático de algumas regiões. Além disso, segundo Flores et al. (1988) e Soberón-Chaves et al. (1986), a associação do gênero *Rhizobium* com o feijoeiro apresenta alta instabilidade genética que pode comprometer sua eficiência por diversas interferências ambientais.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Local e delineamento experimental

O presente estudo foi realizado nas dependências do Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná – IAPAR-EMATER (IDR – Paraná), Londrina-PR-BR durante a safra da seca no ano de 2021. O Instituto está localizado a 603 metros acima do nível do mar e apresenta clima quente e temperado, classificado como Cfa de acordo com a Köppen e Geiger. Possui temperatura média de 20,9 °C e pluviosidade anual de, aproximadamente, 1400 mm.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao caso em esquema fatorial (10x4) com quatro repetições. Foram avaliados quatro tipos de inoculação com rizobactérias (Fator 1 - inoculação), sendo as inoculações utilizadas: *Rhizobiumtropic*, *Azospirillum brasilense*, *R. tropici* + *A. brasilense* e sem inoculação e dez materiais (Fator 2 - genótipos), sendo nove cultivares (IPR Campos Gerais, IPR Sabiá, IPR Curió, BRS Estilo, IPR Tuiuiú, IPR Urutau, BRS Esteio, IPR Garça e BRS Realce) e uma linhagem (LP 15-02). Cada parcela destinada para a condução no campo correspondia à 8 m².

3.2 Preparo do ambiente para semeadura

A área destinada ao estudo a campo, localizada no IDR – Paraná, foi preparada no mesmo dia da semeadura das cultivares inoculadas. A área do experimento apresenta solos do tipo latossolo vermelho distroférico. Seguindo as premissas do sistema de produção orgânica, apenas o fertilizante orgânico simples Magmaton (01 – 00 – 00) composto por Turfa, óxido de cálcio e aminoácidos foi utilizado para a adubação. Dessa forma, 350 kg.ha⁻¹ do Magmaton da Nutrisafra Fertilizantes foi aplicado no sulco de plantio juntamente com a semeadura.

3.3 Tratamento de sementes e semeadura

Inicialmente, as cultivares e a linhagem foram inoculadas de acordo com os tratamentos seguindo as recomendações dos fabricantes. Dessa forma, para a inoculação das sementes com a estirpe *R. tropici*– SEMIA 4077 e 4088 (MR Bean - Forbio) foram adicionados 100 mL do produto para cada 40 kg de sementes e

homogeneizado; para as sementes inoculadas com a estirpe *A. brasilense*– SEMIA AbV5 e AbV6 (Grammy Crop - Forbio), 100 ml do produto para cada 50 kg de sementes foi adicionado e homogeneizado; e para a combinação *R. tropici* + *A. brasilense*, foi adicionado e homogeneizado a dose completa dos produtos comerciais (100 mL para 40 kg de sementes e 100 mL para 50 kg de semente, respectivamente).

Imediatamente após a inoculação, foram semeadas, devidamente identificados para a implantação no campo, as sementes foram inseridas em uma semeadora de parcela modelo SB e semeadas em 4 linhas espaçadas a 50 cm e com 13 a 15 sementes por metro linear.

3.4 Condução experimental de manejo agroecológico

Após 15 DAG foi realizado aplicação preventiva no experimento instalado a campo. Para isso, foram diluídos *Chromobactériaumsubtsugae* e *Saccharopolysporaspinoso* com a dosagem de 2,0 L. 200 L⁻¹ de água de cada produto e aplicado 200 L. ha⁻¹ de volume de calda. Com as cultivares em estágio V4, foi realizado pulverização de Biofertilizante Super Magro com a dosagem de 2,0L/100 L de água. Uma segunda aplicação e R6 seguida de mais uma de *Cromobactériumsubtsugae* e *Saccharopolysporaspinoso*. Controle de plantas espontânea foi realizado manualmente até a floração.

3.5 Avaliação experimental

Foi realizado a colheita de duas linhas centrais de cada parcela conforme a maturação de cada cultivar e realizada a contagem de números de plantas para se ter o estande final de cada cultivar. A debulha foi realizada manualmente, sendo posterior realizada a pesagem e determinado a umidade sendo corrigida para 13 % para cálculo de produção.

3.6 Análises estatísticas

Realizaram os procedimentos para pressupostos de ANOVA, sendo atendidos, decorreu os desdobramentos para o teste F e p-valor correspondente.

Para comparação múltipla de médias, aplicou-se o teste Student-Newman-Keuls (SNK) (BANZATO;KRONKA, 2006). Utilizou-se o software R-Studio e pacote ExpDes.pt (BATISTA; CAVALCANTI; NOGUEIRA, 2021).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Resultados da ANOVA e desdobramento fatorial

Após, análise dos pressupostos da ANOVA serem atendidas, houve significância para os fatores e suas interações (Quadro 1). Portanto, foi procedente os desdobramentos dos fatores e suas interações.

Quadro 1 Índices matemáticos e estatísticos da ANOVA, variável produtividade (kg. ha⁻¹) de variedades de feijoeiro e bactérias diazotróficas. Fator 1: bactérias (Fat Bac). Fator 2: cultivares de feijoeiro (Fat Cult).

Fatores de variação (FV)	Graus de liberdade (GL)	Soma dos quadrados (SQ)	Quadrado médio (QM)	F _{calculado}	Probabilidade de p-valor
Bloco	3	4380 73	146024	5,1358	0,00226027**
Bactérias (Fat Bac)	3	2259 396	753132	26,4885	0,000000001**
Cultivares (Fat Cult)	9	2499 407	277712	9,7674	0,000000001**
B*C	27	2150 571	79651	2,8014	0,00007238**
Resíduo	117	3326 597	28432		
Total	159	1067 4044			
Coef. Variância (CV%)	14,8%				

*p-valor <0,05. **p-valor <0,001. Ns=não significativo em p-valor >0,05.

Considerando o desdobramento Fat Bac dentro de cada nível de Fat Cult (Quadro 2) houve significância, ou seja, há diferença nos “níveis” de bactérias para seguintes cultivares: BRS ESTEIO, BRS ESTILO, BRS REALCE, IPR GARÇA, IPR SABIÁ, IPR TUIUIÚ. Destaca-se também, o material LP 15-02, apresentou p-valor 0.0597, no limite de significância para 5%. Os demais não apresentaram significância para o mínimo considerado de 5%.

Quadro 2 Índices matemáticos e estatísticos da ANOVA, variável produtividade (kg. ha-1) de variedades de feijoeiro e bactérias diazotróficas. Fator 1: bactérias (Fat Bac). Fator 2: cultivares de feijoeiro (Fat Cult). Desdobramento Fat Bac dentro de cada nível de fat Cult.

Fatores de variação (FV)	Graus de liberdade (GL)	Soma dos quadrados (SQ)	Quadrado médio (QM)	F _{calculado}	Probabilidade de p-valor
Bloco	3	438073	146024	5,1358	0,00226027**
Cultivares (Fat Cult)	9	2499407	277712	9,7674	0,000000001**
Fat Bac: Fat Cult BRS ESTEIO	3	289374.0	96458.00	3,3925	0,0203**
Fat Bac: Fat Cult BRS ESTILO	3	477140.5	159046.85	5,5938	0,0013**
Fat Bac: Fat Cult BRS REALCE	3	257836.1	85945.36	3,0228	0,0325**
Fat Bac: Fat Cult IPR CAMPOS GERAIS	3	164100.4	54700.12	1,9239	0,1295ns
Fat Bac: Fat Cult IPR CURIÓ	3	153094.5	51031.50	1,7948	0,1520ns
Fat Bac: Fat Cult IPR GARÇA	3	1059444.8	353148.28	12,4206	0,0001**
Fat Bac: Fat Cult IPR SABIÁ	3	1275750.6	425250.19	14,9565	0,0001**
Fat Bac: Fat Cult IPR TUIUIÚ	3	330440.6	110146.85	3,874	0,0111**
Fat Bac: Fat Cult IPR URUTAU	3	185986.5	61995.52	2,1804	0,0940ns
Fat Bac: Fat Cult LP 15-02	3	216798.9	72266.29	2,5417	0,0597ns
Resíduo	117	3326597	28432		
Total	159	10674044			
Coef. Variância (CV%)	14,8%				

*p-valor <0,05. **p-valor <0,001. ns=não significativo em p-valor >0,05.

Considerando o desdobramento Fat Cult. dentro de cada nível de Fat Bac. Houve diferença, ou seja, há diferença para todos os níveis do fator bactérias (Quadro 3).

Quadro 3 Índices matemáticos e estatísticos da ANOVA, variável produtividade (kg. ha-1) de variedades de feijoeiro e bactérias diazotróficas. Fator 1:

bactérias (Fat Bac). Fator 2: cultivares de feijoeiro (Fat Cult). Desdobramento Fat Cult. dentro de cada nível Fat Bac.

Fatores de variação (FV)	Graus de liberdade (GL)	Soma dos quadrados (SQ)	Quadrado médio (QM)	F _{calculado}	Probabilidade de p-valor
Bloco	3	438073	146024	5,1358	0,00226027**
Bactérias (Fat Bac)	3	2259396	753132	26,4885	0,000000001**
Fat Cult: Fat Bac Azospirillum	9	2259396.1	753132.05	26,4885	0,00001***
Fat Cult: Fat Bac Rhizobium	9	1475982.3	163998.03	5,768	0,00001**
Fat Cult: Fat Bac Rhizobium e Azospirillum	9	1006205.7	111800.64	3,9321	0,0002**
Fat Cult: Fat Bac Testemunha (sem bactérias)	9	1315787.2	146198.57	5,142	0,00001**
Resíduo	117	3326597	28432		
Total	159	10674044			
Coef. Variância (CV%)	14,8%				

*p-valor <0,05. **p-valor <0,001. ns=não significativo em p-valor >0,05.

A análise de fatorial permite observar se há ou não diferenças dos níveis dos fatores adotados, e todas as possíveis combinações. No caso, da condição experimental atribuída, permitiu observar as indicações (e futuras recomendações) da melhor combinação do material genético de feijoeiro com a inoculação bacteriana, ressaltando que para todo o experimento houve manejo agroecológico do solo e da condução da cultura.

4.2. Resultado de produtividade de feijoeiro em inoculações bacterianas

De acordo com os dados apresentados na Figura 1, observa-se que a inoculação do cultivar BRS Esteio com *R. tropici* + *Azospirillum* diferiu estatisticamente de BRS Esteio inoculada somente com *Azospirillum* e da testemunha, enquanto o tratamento com *Rhizobium* não diferiu de ambos. Já para o cultivar BRS Estilo, a testemunha foi superior àquelas tratadas

com *Azospirillum*, enquanto *Rhizobium* e *R. tropici* + *Azospirillum* não diferiram de ambos (Figura 1).

Também foi constatada maior média de produtividade da Testemunha de BRS Realce comparada àquelas tratadas com *Azospirillum* e *R. tropici*. Sementes de IPR GARÇA E IPR Sabiá, inoculadas com *Rhizobium*, *R. tropici* + *Azospirillum* e a Testemunha diferiram estatisticamente dos tratamentos inoculados somente com *Azospirillum*, apresentando maior média de produtividade. Já para IPR Tuiuiú, as sementes inoculadas com *R. tropici* + *Azospirillum* e a testemunha apresentaram a maior média de produtividade, diferindo do tratamento *Azospirillum*, enquanto *Rhizobium* não diferiu de ambas (Figura 1).

Não foi observada diferença estatística nos cultivares IPR Campos gerais, IPR Curió, IPR Urutau e LP 15-02 tratadas com *Azospirillum*, *R. tropici*, *R. tropici* + *Azospirillum* ou sem inoculação (Figura 1).

A semelhança nas médias de produtividade observadas entre algumas cultivares e suas respectivas testemunhas pode ter ocorrido devido a presença de matéria orgânica (M.O) e rizóbios nativos eficientes, visto que a diversidade microbiana do solo são responsáveis por diversas funções no ecossistema, tais como a decomposição de restos vegetais e ciclagem de nutrientes (STENBERG, 1999). Alguns tipos de manejos empregados na agricultura promovem o rompimento dos macro e microagregados elevando os valores do quociente metabólico (qCO_2), tornando a M.O mais suscetível ao ataque microbiano. Esse aumento no ataque da M.O propicia a elevação da taxa de mineralização e a liberação de CO_2 para a atmosfera (BARDGETT; SAGGAR, 1994; SIX et al., 2000).

Estudos realizados por Pelegrin et al. (2009), comparando o feijoeiro com e sem inoculação em diferentes níveis de adubação nitrogenada mostraram não haver diferença estatística na produtividade da cultura entre o tratamento inoculado e adubado com 20 kg ha^{-1} de N e o tratamento não inoculado e adubado com 20 kg ha^{-1} de nitrogênio. Segundo os autores, os resultados podem ter sido mascarados pela provável presença, em abundância, de rizóbios nativos eficientes. Resultados como esse são frequentes, visto que solos brasileiros são ricos em bactérias rizóbios nativas bem adaptadas reduzindo a capacidade competitiva de bactérias selecionadas, podendo ser solucionado mediante técnica de inundação bacteriana (CASSINI; FRANCO, 2011).

Figura 1 Produtividade (kg. ha⁻¹) de diferentes materiais de feijoeiro em inoculação de *Azospirillum* (Azos), *Rhizobiumtropicum* (Rhiz) e sem inoculação (Test) cultivados em manejo agroecológico.



Médias de quatro repetições, sendo letras iguais não diferem pelo teste SNK (5%) e ns indica não haver diferença significativa. CV% = coeficiente de variação.

[continuação]

Figura 2 Produtividade (kg. ha⁻¹) de diferentes materiais de feijoeiro em inoculação de *Azospirillum* (Azos), *Rhizobiumtropicum* (Rhiz) e sem inoculação (Test) cultivados em manejo agroecológico.



*Médias de quatro repetições, sendo letras iguais não diferem pelo teste SNK (5%) e ns indica não haver diferença significativa. CV% = coeficiente de variação em percentual.

O déficit hídrico ocorrido durante o ensaio também pode ter contribuído para a não diferença estatísticas entre algumas cultivares inoculadas e suas testemunhas, visto que a ocorrência de estresse hídrico, na fase vegetativa, pode comprometer o rendimento de grãos, devido ao menor desenvolvimento das plantas susceptíveis (MUNDSTOCK; THOMAS, 2005).

Peres et al. (1994) avaliando cultivares de feijoeiro durante três anos, verificaram aumento na produtividade de grãos mediante inoculação com rizóbio. Diferenças na produtividade de grão de diferentes genótipos sob diferentes formas de fornecimento de nitrogênio também foi observado por Paulino (1998). Entretanto, esse autor observou dados contraditórios, variando de safra para safra, atribuindo essa divergência as condições climáticas.

Hungria, Mendes e Mercante (2013) também verificaram influência dos fatores bióticos e abióticos na FBN, visto que o feijoeiro comum apresentou variação

da resposta à inoculação em condições de campo. A susceptibilidade de diversos cultivares de feijoeiro ao estresse hídrico e térmico, como observado nesse trabalho, a presença de estirpes nativas nos solos brasileiro e a variabilidade de resposta das diferentes cultivares a inoculação estão entre os principais fatores limitantes ao sucesso da inoculação a campo (GRANGE; HUNGRIA, 2004; VIEIRA et al., 2005). Entretanto, apesar das limitações edafoclimáticas, Peres et al. (1994) já relatou ganhos de até 1500 Kg de grãos ha⁻¹ em relação à testemunha não inoculada.

O bom desempenho dos cultivares BRS Esteio, BRS Estilo, IPR Garça, IPR Sabiá e IPR Tuiuiú inoculadas com *R. tropici*, pode estar associada a tolerância dessa espécie as condições edafoclimáticas brasileira, aumentando sua capacidade em fixar nitrogênio (CASSINI; FRANCO, 2011). Estudos mostram que a inoculação do feijoeiro com *R. tropici* é capaz de suprir quase que totalmente a necessidade da cultura para sua máxima produtividade, sendo necessário apenas 20 kg ha⁻¹ de nitrogênio na semeadura para prover a deficiência do nutriente até o estabelecimento da simbiose planta/rizóbio (PELEGRIN et al., 2009).

Bactérias do gênero *Azospirillum* tem a capacidade de estimular a produção de fitohormônios pela planta e, conseqüentemente, o desenvolvimento radicular e a nodulação pelas bactérias. Devido essa característica, a coinoculação de *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense* tem sido recomendada para a cultura do feijoeiro (RIBAUDO et al., 2006). Entretanto, diferentes resultados na interação desses microrganismos são encontrados na literatura, dependendo do cultivar estudado. Meirelles et al. (2014), observou eficiência na FBN na associação das duas bactérias, tanto no aporte de N para o feijoeiro quanto no uso do nutriente. Os autores atribuem os resultados a produção de compostos que estimulam a formação de hormônios, pelas plantas, os quais potencializam o crescimento radicular e, conseqüentemente, melhora a absorção de água e aproveitamento dos recursos minerais, incrementa a nodulação e a simbiose entre o feijoeiro e a rizóbio.

Já Veronezi et al. (2012), estudando a coinoculação de rizóbio com o *Azospirillum* no feijoeiro cv. Pérola cultivado em vaso, não constatou interação positiva. Os autores não observaram incremento nas variáveis nodulação, peso de parte aérea e teor de N da parte aérea na maioria dos tratamentos. A única exceção foi observada no tratamento inoculado com rizóbio CPAO 19.5 L3 associado às estirpes AbV5 e AbV6 de *Azospirillum*. Lourenço (2016), avaliando o desempenho de cultivares de feijoeiro conduzido no Sistema Orgânico de Produção,

também não observou influência na produtividade da cultura utilizando a coinoculação com *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense*.

A sensibilidade na interação simbiótica entre rizóbios e o feijoeiro a fatores edafoclimáticos, como temperatura, potencial hidrogeniônico do solo, disponibilidade de fósforo, alumínio, nitrogênio e molibdênio contribuem com a discrepância nos resultados. Visto que a nodulação da cultura pelas bactérias fixadoras só é bem-sucedida mediante condições ideais, tais como temperatura entre 28 e 31 °C e o pH entre 5,0 e 6,5. Além disso, deficiência de fósforo e molibdênio, ou o excesso de nutrientes, como Al^{3+} e NO_3^- , prejudicam a nodulação. Como já citado, devido a maior adaptabilidade de *R. tropici* a condições edafoclimáticas brasileiras, a espécie tolera condições mais adversas, com pH abaixo de 5,5 e temperatura de até 37°C. A genética dos cultivares também é um fator que pode interferir no processo de simbiose, visto que há genótipos mais e menos eficientes (CASSINI; FRANCO, 2011).

Assim, como pode ser observado com os resultados obtidos, há indicação que alguns cultivares respondem melhor a determinados inoculantes, sendo possível não utilizar adubos nitrogenados na cultura do feijão sem afetar a sua produtividade desde que seja realizado o cultivo em solos com população nativa eficientes de *Rhizobium* (FERREIRA et al., 2000). Além disso, cada cultivar terá resultados singulares, sendo dependente da bactéria, clima e do manejo utilizado em cada solo.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os materiais BRS ESTEIO e IPR CAMPOS GERAIS apresentaram melhor desempenho produtivo com inoculação de *R. tropici* associado a co-inoculação de *A. brasilense*.

O material IPR SABIÁ apresentou melhor desempenho produtivo com inoculação de *R. tropici*.

Os materiais BRS ESTILO, BRS REALCE e IPR GARÇA indicaram melhor desempenho de produtividade sem inoculação.

Considerando o ambiente e todo o manejo agroecológico empregado podemos ter resultados diferenciados quanto a resposta de cultivares produzidas neste sistema, com a melhora e equilíbrio ambiental.

REFERÊNCIAS

- ABOU-SHANAB, R. A. I.; WONGPHATCHARACHAI, M.; SHEAFFER, C. C.; SADOWSKY, M. J. Response of dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) to inoculation with indigenous and commercial Rhizobium strains under organic farming systems in Minnesota. **Symbiosis**, v. 78, n. 2, p. 125–134, 2019. Springer Netherlands. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s13199-019-00609-3>>. Acesso em: 28 abr. 2020.
- ALBUQUERQUE, H. C.; PEGORARO, R. F.; VIEIRA, N. M. B.; AMORIM, I. J. F., KONDO, M. K. Capacidade nodulatória e características agronômicas de feijoeiro-comum submetidos à adubação molíbdica parcelada e nitrogenada. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 43, n. 2, p. 214-221, 2012.
- ALCANTARA, R. M. C. M.; ROCHA, M. M.; XAVIER, G. R.; RUMJANEK, N. G. **Estado atual da arte quanto à seleção e o melhoramento de genótipos para a otimização da FBN**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2009. 34 p.
- ALTIERI, M. A.; NICHOLLS, C. I.; MONTALBA, R. Technological approaches to sustainable agriculture at a crossroads: an agroecological perspective. **Sustainability**, v. 9, n. 3, p. 349, 2017.
- AMARGER, N.; MACHERET, V.; LAGUERRE, G. *Rhizobium gallicum* sp. nov. and *Rhizobium giardinii* sp. nov., from *Phaseolus vulgaris* nodules. **International Journal of Systematic Bacteriology**, v. 47, p. 996-1006, 1997.
- ANGIOI, S. A.; RAU, D.; ATTENE, G.; NANNI, L.; BELLUCCI, E.; LOGOZZO, G.; NEGRI, V.; SPAGNOLETTIZI, P. L.; PAPA, R. Beans in Europe: origin and structure of the European landraces of *Phaseolus vulgaris* L. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 121, p. 829-843, 2010.
- ARF, O.; SILVA, L. D.; BUZETTI, S.; ALVES, M. C.; SÁ, M. E.; RODRIGUES, R. A. F.; HERNANDEZ, F. B. T. Efeito da rotação de culturas, adubação verde e nitrogenada sobre o rendimento do feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 11, p. 2029-2036, 1999.
- AZADI, H.; SCHOONKEEK, S.; MAHMOUDI, H.; DERUDDER, B.; DE MAEYER, P.; WITLOX, F. Organic agriculture and sustainable food production system: main potentials. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 144, p. 92-94, 2011.
- BARDGETT, R. D.; SAGGAR, S. Effects of heavy metal contamination on the short-term decomposition of labeled [14C] glucose in a pasture soil. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 26, p. 727-733, 1994.
- BERTOLDO, J. G.; PELISSER, A.; SILVA, R. P.; FAVRETO, R.; OLIVEIRA, L. A. D. Alternativas na fertilização de feijão visando a reduzir a aplicação de N-ureia. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 45, n. 3, p. 348-355, 2015.

BLOEMBERG, G. V.; LUGTENBERG, B. J. J. Molecular basis of plant growth promotion and biocontrol by rhizobacteria. **Plant Biology**, v. 4, p. 343-350, 2001.

BRAGA, J. M.; YAMADA, T. Uso eficiente de fertilizantes potássicos. In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIZANTES NA AGRICULTURA BRASILEIRA. 1984, Brasília, **Anais...** Brasília: EMBRAPA, DEP, p. 291-321, 1984.

BULISANI, E. A. (Coord.) **Feijão**: fatores de produção e qualidade. Campinas: Fundação Cargill, 1987. 326p.

BUTTERY, B. R.; PARK, S.-J.; VAN BERKUM, P. Effects of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivar and rhizobium strain on plant growth, seed yield and nitrogen content. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 77, n. 3, p. 347-351, 1997. Agricultural Institute of Canada.

CARBONELL, S. A. M.; AZEVEDO FILHO, J. A.; DIAS, L. A. S.; GARCIA, A. A. F.; MORAIS, L. K. Common bean cultivars and line interactions with environments. **Scientia Agricola**, v. 61, p. 169-177, 2004.

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. (Eds.). **Feijão**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2011. p. 143-170.

COELHO, J. D. **Produção de grãos**: feijão, milho e soja. Caderno Setorial ETENE, v. 4, n. 81, 2019. Disponível em: https://www.bnb.gov.br/documents/80223/5014256/81_Graos.pdf/b4faa20e-6855-fdf6-1629-741afb0748f. Acesso em: 23 abr. 2020.

COLLAVINO, M. M.; SANSBERRO, P. A.; MROGINSKI, L. A.; AGUILAR, O. M. Comparison of in vitro solubilization activity of diverse phosphate-solubilizing bacteria native to acid soil and their ability to promote *Phaseolus vulgaris* growth. **Biology and Fertility of Soils**, Heidelberg, v. 46, n. 7, p. 727-738, 2010.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira de grãos**. Brasília: Conab, v. 1, n. 1, 2020.

DALL'AGNOL, R. F.; RIBEIRO, R. A.; ORMENO-ORRILLO, E.; ROGEL, M. A.; DELAMUTA, J. R. M.; ANDRADE, D. S.; MARTÍNEZ-ROMERO, E.; HUNGRIA, M. *Rhizobium freirei* sp. nov., a symbiont of *Phaseolus vulgaris* that is very effective at fixing nitrogen. **Int J Syst Evol Microbiol**, v. 63, p. 4167-4173, 2013.

DEBOUCK, D. G. Systematics and morphology. In: SCHOONHOVEN, A. V.; VOYSEST, O. (Ed.). **Common beans**: research for crop improvement. Cali: CIAT, 1991. p. 55-118.

DERAL - Departamento De Economia Rural. **Previsão de safras**. 2020. Disponível em: https://deral.seab.pr.gov.br/pss/rel_pss_mensal_cul13_imp.php?p_safra=1920&p_an=2020&p_mes. Acesso em: 03 maio 2020.

DIDONET, A. D.; LIMA, A. S.; CANDATEN, A. A.; RODRIGUES, O. Realocação de nitrogênio e de biomassa para os grãos em trigo submetidos à inoculação de *Azospirillum*. **Pesquisa Agropecuária**, v. 35, n. 2, p. 401-411, 2000.

DÖBEREINER, J.; PEDROSA, F. O. **Nitrogen-fixing bacteria in non-leguminous crop plants**. Madison, USA: Science Tech, Springer Verlag, 1987. p. 1-155.

DOORNBOS, R. F.; VAN LOON, L. C.; BAKKER, P. A. H. M. Impact of root exudates and plant defense signaling on bacterial communities in the rhizosphere. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 32, p. 227-243. 2012.

EL-KHAWAS, H.; ADACHI, K. Identification and quantification of auxins in culture media of *Azospirillum* and *Klebsiella* and their effect on rice roots. **Biology and Fertility of Soils**, Heidelberg, v. 28, n. 4, p. 377-381, 1999.

EMATER - Instituto Paranaense de Assistência Técnica e Extensão Rural. **Projeto Centro-Sul de Feijão e Milho**. 2018. Disponível em: <http://www.emater.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=76>. Acesso em: 03 maio 2020.

FAO. **Variedades de Sementes Apropriadas para Pequenos Agricultores**. 2014. Disponível em: <http://www.fao.org/3/a-i3768o.pdf>. Acesso em: 03 dez. 2020.

FAOSTAT. **Crops**. 2019. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. Acesso em: 08 maio 2020.

FERREIRA, A. N.; ARF, O.; CARVALHO, M. A. C.; ARAÚJO, R. S.; SÁ, M. E.; BUZZETTI, S. Estirpes de *Rhizobium tropici* na inoculação do feijoeiro. **Sci. Agric.**, Piracicaba, v. 57, n. 3, p. 507-512, 2000.

FERREIRA, C. M.; DEL PELOSO, M. J.; FARIA, L. C. **Cultivo do feijoeiro comum**. Embrapa Arroz e Feijão, Sistemas de Produção, n. 2, 2003. Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/territorio_sisal/arvore/CONT000fckm577302wx5eo0a2ndxytqdixez.html. Acesso em: 20 abr. 2020.

FIGUEIREDO, M. V. B.; MARTINEZ, C. R.; BURITY, H. A.; CHANWAY, C. P. Plant growth-promoting Rhizobacteria for improving nodulation and nitrogen fixation in the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **World Journal of Microbiology & Biotechnology**, Oxford, v. 24, n. 7, p. 1187-1193, 2008.

FLORES, M.; GONZÁLEZ, V.; PARDO, M. A.; LEIJA, A.; MARTÍNEZ, E.; ROMERO, D.; PINERO, D.; DÁVILA, G.; PALACIOS, R. Genomic instability in *Rhizobium phaseoli*. **Journal of Bacteriology**, Washington, v. 170, p. 1191-1196, 1988.

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

FRED, E. B.; BALDWIN, I. L.; MCCOY, E. **Root nodule bacteria of leguminous plants**. Madison: University of Wisconsin Press, 1932. 343p.

GEPTS, P.; DEBOUCK, D. G. Origin, domestication and evolution of the common bean (*Phaseolus vulgaris*). In: SCHOONHOVEN, A. V.; VOYSEST, O. (Ed.).

Common beans: research for crop improvement. Cali: CIAT, 1991. p. 7-53.

GILLER, K. E. **Nitrogenfixation in tropical cropping systems.** 2nd ed. Wallingford: CAB International, 2001. 448 p.

GOMES, R. F.; SILVA, A. G.; ASSIS, R. L.; PIRES, F. R. Efeito de doses e época de aplicação de nitrogênio nos caracteres agrônômicos da cultura do milho sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 31, p. 931-938, 2007.

GOUDA, S.; DAS, G.; SPIROS PARAMITHIOTIS, S.; SHIN, H. S.; PATRA, J. K. Revitalization of plant growth promoting rhizobacteria for sustainable development in agriculture. **Microbiological Research**, v. 206, p. 131-140, 2018.

GRANGE, L.; HUNGRIA, M. Genetic diversity of indigenous common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Soil Biology and Biochemistry**, Brisbane, v. 36 p. 1389-1398, 2004.

HAMDALI, H. H. M.; VIROLLE, M. J.; OUHDOUCH, Y. Growth promotion and protection against damping-off of wheat by two rock phosphatesolubilizing actinomycetes in a P deficient soil under greenhouse conditions. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 40, n. 3, p. 510-517, 2008.

HAMEEDA, B.; HARINI, G.; RUPELA, O. P.; WANI, S. P.; REDDY, G. Growth promotion of maize by phosphate-solubilizing bacteria isolated from composts and macrofauna. **Microbiological Research**, Jena, v. 163, n. 2, p. 234-242, 2008.

HUERGO, L. F. **Regulação do metabolismo do nitrogênio em *Azospirillum brasilense*.** 2006. 170 f. Tese (Doutorado em Ciências Bioquímica) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

HUERGO, L. F.; MONTEIRO, R. A.; BONATTO, A. C.; RIGO, L. U.; STEFFENS, M. B. R.; CRUZ, L. M.; CHUBATSU, L. S.; SOUZA, E. M.; PEDROSA, F. O. Regulação da fixação de nitrogênio em *Azospirillum brasilense*. In: CASSÁN, F. D.; GARCIA DE SALAMONE, I. ***Azospirillum* sp:** Fisiologia celular, as interações de plantas e pesquisa agrônômica na Argentina. Argentina: Associação Argentina de Microbiologia, 2008. p. 17-35.

HUNGRIA, M. **Inoculação com *Azospirillum brasilense*:** Inovação em rendimento a baixo custo. Londrina: Embrapa Soja, 2011. 36 p.

HUNGRIA, M., CAMPO, R. J., MENDES, I. C. **Fixação biológica do nitrogênio na cultura da soja.** Londrina: Embrapa Soja, 2001. 48 p.

HUNGRIA, M.; ANDRADE, D. S.; CHUEIRE, L. M. O.; PROBENZA, A.; GUTTIERREZ-MANERO, F. J.; MEGIAS, M. Isolation and characterization of new efficient and competitive bean (*Phaseolus vulgaris* L.) rhizobia from Brasil. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 32, p. 1515-1528, 2000.

HUNGRIA, M.; MENDES, I. C.; MERCANTE, F. M. **Tecnologia de fixação biológica do nitrogênio com o feijoeiro: viabilidade em pequenas propriedades**

familiares e em propriedades tecnificadas. Londrina, PR: Embrapa Soja, 2013, 30 p. (Embrapa soja. Documentos, 338).

HUNGRIA, M.; VARGAS, M. A. T. Environmental factors affecting N₂ fixation in grain legumes in the tropics, with an emphasis on Brasil. **Field Crops Research**, v. 65, p. 151-164, 2000.

IAPAR – Instituto Agrônômico do Paraná. **Principais características das cultivares de feijão com sementes disponíveis no mercado.** Londrina: IAPAR, 2020. Disponível em: <http://www.iapar.br/pagina-1363.html>. Acesso em: 28 abr. 2020.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Resultados da Produção Agrícola Municipal.** Rio de Janeiro: IBGE, 2020. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457>. Acesso em: 03 maio 2020.

IDRIS, E. E.; IGLESIAS, E. J.; TALON, M.; BORRIS, R. Tryptophan dependent production of indole-3-acetic acid (IAA) affects level of plant growth promotion by *Bacillus amyloliquefaciens* FZB42. **Molecular Plant-Microbe Interactions**, St. Paul, v. 20, n. 6, p. 619-626, 2007.

IKEDA, A. C. **Caracterização morfofisiológica e genética de bactérias Endofíticas isoladas de raízes de diferentes genótipos de milho (*Zea mays* L.).** 2010. 77 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

JORDAN, D. C. *Rhizobiaceae* Conn 1938. In: KRIEG, N. R.; HOLT, J.G. (eds.). **Bergey's manual of systematics bacteriology.** Baltimore/London: Williams & Wilkins, 1984. p. 235-244.

KAPLAN, L. Archeology and domestication in American *Phaseolus* (beans). **Economic Botany**, v. 19, p. 358, 1965.

KARADENIZ, A.; TOPCUOGLU, S. F.; INAN, S. Auxin, gibberellin, cytokinin and abscisic acid production in some bacteria. **World Journal of Microbiology & Biotechnology**, Oxford, v. 22, n. 10, p. 1061-1064, 2006.

LONG, S. R. Genes and Signals in the Rhizobium -Legume Symbiosis. **Plant Physiology**, v. 125, n. 1, p. 69–72, 2001. Disponível em: <http://www.plantphysiol.org/lookup/doi/10.1104/pp.125.1.69>. Acesso em: 28 abr. 2020.

LOURENÇO, F. J. C. **Desempenho de cultivares de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em Rio Pomba, Minas Gerais, no sistema orgânico de produção, a partir da co-inoculação das sementes com *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense*.** 2016. 43 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Orgânica) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

MAGALHÃES, H. **Conheça as cultivares de feijão da Embrapa na Expodireto Cotrijal 2018.** EMBRAPA, 2018. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/32284332/conheca-as-cultivares-de-feijao-da-embrapa-na-expodireto-cotrijal-2018>. Acesso em: 28 abr. 2020.

MAITI, R. **Phaseolus spp. Bean Science**. New Delhi: Oxford&IBHPublishing Co. Pvt. Ltd., 1997. 534 p.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Feijão**. 2015. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/feijao>. Acesso em: 28 abr. 2020.

MAPA (Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento), Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e Cooperativismo. **Legislação para sistema orgânico de produção**. Brasília, 2009. 195 p.

MARIN, V. A.; BALDANI, V. L. D.; TEIXEIRA, K. R. S.; BALDANI, J. I. **Fixação biológica de nitrogênio**: bactérias fixadoras de nitrogênio de importância para a agricultura tropical. Seropédica: Embrapa-CNPAB, 1999. 32 p.

MARRA, L. M.; SILVIA, M. O.; SOARES, C. R. F. S.; MOREIRA, F. S. Solubilisation of inorganic phosphates by inoculant strains from tropical legumes. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 68, n. 5, p. 603-609, 2011.

MARTÍNEZ-ROMERO, E.; SEGOVIA, E.; MERCANTE, F. M.; FRANCO, A. A.; GRAHAM, P. H.; PARDO, M. A. *Rhizobium tropici*, a novel species nodulating *Phaseolus vulgaris* L. beans and *Leucaena* sp. trees. **International Journal of Systematic Bacteriology**, v. 41, p. 417-426, 1991.

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

MELO, L. C.; FARIA, L. C.; DIAZ, J. L. C.; DEL PELOSO, M. J.; RAVA, C. A.; COSTA, J. G. C. Interação com ambientes e estabilidade de genótipos de feijoeiro-comum na Região Centro-Sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, p. 715-723, 2007.

MESQUITA; F. R.; CORRÊA, A. D.; ABREU, C. M. P.; LIMA, R. A. Z.; ABREU, A. F. B. Linhagens de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.): composição química e digestibilidade proteica. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 4, p. 1114-1121, 2007.

MIYASAKA, S.; FREIRE, E.S.; MASCARENHAS, H.A.A. Modo e época de aplicação de nitrogênio na cultura do feijoeiro. **Bragantia**, Campinas, v.22, n.1, p.511-519, 1963.

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

MUNDSTOCK, C.M.; THOMAS, A.L. **Soja**: fatores que afetam o crescimento e rendimento de grãos. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005. 31p.

NICHOLLS, C. I.; ALTIERI, M. A. Pathways for the amplification of agroecology. **Agroecology and Sustainable Food Systems**, v. 42, n. 10, p. 1170–1193, 2018.

Taylor & Francis. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/21683565.2018.1499578>>. Acesso em: 28 abr. 2020.

NICHOLLS, C.; ALTIERI, M. Pathways for the amplification of agroecology. **Agroecology and Sustainable Food Systems**, v. 42, p. 1-24, 2018.

NOGUEIRA, C. O. G. **Eficiência agrônômica de rizóbios selecionados e diversidade das populações nativas que nodulam o feijoeiro-comum em Formiga-Minas Gerais**. 2005. 80 f. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola) - Universidade Federal de Lavras, Lavras/MG, 2005.

OKON, Y.; VANDERLEYDEN, J. Root-associated *Azospirillum* species can stimulate plants. **ASM News**, Washington, DC, v. 63, n. 7, p. 366-370, 1997.

OLIVEIRA, D. P. **Adubação nitrogenada, inoculação com estirpes de rizóbio e tratamentos fungicidas de sementes de feijoeiro-comum cv. BRSMG Madrepérola**. 2013. 180 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Departamento de Agricultura, Universidade Federal de Lavras, Lavras/MG, 2013.

OLIVEIRA, L. A.; GRAHAM, P. H. Evaluation of strain competitiveness in *Rhizobium leguminosarum* bv. *phaseoli* using a nod⁺ fix⁻ natural mutant. **Archives of Microbiology**, London, v. 153, p. 305-310, 1990.

OLIVEIRA, R. C.; SBARDELOTTO, J. M. Nodulação em variedades de feijão inoculadas com *Rhizobium tropici*. **Cultivando o Saber**, Cascavel, v. 4, p. 46-52, 2011.

PARK, K. H.; LEE, C. Y.; SON, H. J. Mechanism of insoluble phosphates solubilization by *Pseudomonas fluorescens* RAF15 isolated from ginseng rhizosphere and its plant growth promoting activities. **Letters in Applied Microbiology**, Oxford, v. 49, n. 2, p. 222-228, 2009.

PAULINO, H. B. **Parcelamento de duas fontes em coberturas e via fertirrigação e custo de produção na cultura do feijão**. Ilha Solteira. 1998. 84p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 1998.

PEIX, A. M.; RODRIGUEZ-BARRUECO, C.; MARTINEZ-MOLINA, E.; VELAZQUEZ, E. Growth promotion of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) by a strain of *Burkholderiacepacia* under growth chamber conditions. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 33, n. 14, p. 1927-1935, 2001.

PELEGRIN, R.; MERCANTE, F. M.; OTSUBO, I. M. N.; OTSUBO, A. A. Resposta da cultura do feijoeiro à adubação nitrogenada e à inoculação com rizóbio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 33, n. 1, p. 219-226, 2009.

PEREIRA, H. S.; MELO, L. C.; FARIA, L. C.; DEL PELOSO, M. J.; COSTA, J. G. C.; RAVA, C. A.; WENDLAND, A. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de feijoeiro-comum com grãos tipo carioca na Região Central do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, p. 29-37, 2009.

- PERES, J. R. R.; SUHET, A. R.; MENDES, I. C.; VARGAS, M. A. T. Efeito da inoculação com rizóbio e da adubação nitrogenada em sete cultivares de Feijão em solo de cerrado. **Rev. Bras. Ciênc.** Solo, Campinas, v. 18, p. 415 – 420, 1994.
- PORTES, T. A. Ecofisiologia. In: ARAÚJO, R. S.; RAVA, C. A.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, M. J. O. (Coord.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafós, 1996. p. 101-137.
- PORTES, T. A. Ecofisiologia. In: ZIMMERMANN, M. J. O; ROCHA, M; YAMADA, T. (eds.). **Cultura do feijoeiro: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: POTAFOS, 1988. p. 125–156.
- REIS JUNIOR, F. B.; MENDES I. C.; REIS, V. M.; HUNGRIA, M. Fixação Biológica de Nitrogênio: uma revolução na agricultura. In: FALEIRO, F. G.; ANDRADE, S. R. M.; REIS JUNIOR, F. B. (Eds.). **Biotecnologia: estado da arte e aplicações na agropecuária**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2011. p. 247-281.
- REIS, V. M. **Uso de bactérias fixadoras de nitrogênio como inoculante para aplicação em gramíneas**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2007. 22 p.
- REMANS, R.; RAMAEKERS, L.; SCHELKENS, S.; HERNANDEZ, G.; GARCIA, A.; REYES, J. L.; MENDEZ, N.; TOSCANO, V.; MULLING, M.; GALVEZ, L.; WANDERLEYDEN, J. Effect of *Rhizobium – Azospirillum* coinoculation on nitrogen fixation and yield of two contrasting *Phaseolus vulgaris* L. cultivated a cross different environments in Cuba. **Plant Soil**, v. 312, p. 25-37, 2008.
- RIBAUDO, C.M.; KRUMPHOLZ, E.M.; CASSÁN, F.D.; BOTTINI, R.; CANTORE, M.L.; CURÁ, J.A. *Azospirillum* sp. Promotes Root Hair Development in Tomato Plants through a Mechanism that Involves Ethylene. **Journal of Plant Growth Regulation**, v.25, n.2, p.175-185, 2006.
- RICHARDSON, A. E.; SIMPSON, R. J. Soil microorganisms mediating phosphorus availability. **Plant and Physiology**, Bethesda, v. 156, n. 3, p. 989-996, 2011.
- ROSOLEM, C. A.; MARUBAYASHI, O. M. Seja o doutor do seu feijoeiro. In: **Encarte de Informações Agronômicas**. Piracicaba: Potafós, n. 7, 1994. 18p.
- ROSOLEM, C.A. Calagem e adubação mineral. In: ARAÚJO, R.S.; RAVA, C.A.; STONE, L.F.; ZIMMERMANN, M.J.O. (Coords.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafós, 1996. p. 353-390.
- ROSOLEM, C.A. **Nutrição e adubação do feijoeiro**. Piracicaba: Potafos, 1987. 93p.
- RUMJANEK, N.G. et al. Fixação biológica do nitrogênio. In: FREIRE FILHO, F.R. et al. (Eds). **Feijão-Caupi: avanços tecnológicos**. Brasília: EMBRAPA, 2005. p.281-335.
- SALVADOR, C. A. **Feijão: Análise da Conjuntura Agropecuária**. DERAL – Departamento de Economia Rural, 2015.
- SANTOS, N. C. B.; KOMURO, L. K.; PEREIRA, L. B.; SOUZA, L. C. D. S.; MATEUS,

G. P.; CARMO, S. A. Inoculação com *Azospirillum* e Adubação em Milho Orgânico. In: XXIX CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 29., 2012, Águas de Lindóia, SP. **Anais...** Águas de Lindóia, 2012. 1 CD-ROM.

SEGOVIA, L.; YOUNG, J. P. W.; MARTÍNEZ-ROMERO, E. Reclassification of American *Rhizobium leguminosarum* biovar *phaseoli* type I strains as *Rhizobium metli* sp. nov. **International Journal of Systematic Bacteriology**, v. 43, p. 374-377, 1993.

SILVA, E. C.; BUZETTI, S.; GUIMARÃES, G. L.; LAZARINI, E.; SÁ, M. E. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio na cultura do milho em plantio direto sobre Latossolo Vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 29, p. 353-362, 2005.

SIQUEIRA, J. O.; FRANCO, A. A. **Microbiota do solo. Biotecnologia do solo. Fundamentos e perspectivas**. Brasília: MEC Ministério da Educação, ABEAS, Lavras: ESAL, FAEPE, v. 2, p. 23-46, 1998.

SIX, J.; PAUSTIAN, K.; ELLIOT, E.T.; COMBRINK, C. Soil structure and organic matter: distribution of aggregate-size classes and aggregate associated carbon. **Soil Science Society of America Journal**, v.64, p.681-689, 2000.

SOBERÓN-CHAVES, G.; NAJERA, R.; OLIVEIRA, H.; SEGOVIA, L. Genetic rearrangements of a *Rhizobium phaseoli* symbiotic plasmid. **Journal of Bacteriology**, Washington, v. 167, p. 487-491, 1986.

STENBERG, B. Monitoring soil quality of arable land: microbiological indicators. **Soil and Plant Science**, v.49, p.1-24, 1999.

STRALIOTTO, R.; RUMJANEK, N. G. **Biodiversidade do rizóbio que nodula o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) e os principais fatores que afetam a simbiose**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 1999. 51 p.

STREIT, W.; BOTERO, L.; WERNER, D.; BECK, D. Competition for nodule occupancy on *Phaseolus vulgaris* by *Rhizobium metli* and *Rhizobium tropici* strains can be efficiently monitored in an ultisols during early stages of growth using a constitutive GUS gene fusion. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 27, p. 1075-1081, 1995.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888 p.

TARRANT, J. J.; KRIEG, N. R.; DÖBEREINER, J. A taxonomic study of the *Spirillum lipoferum* group, with descriptions of a new genus, *Azospirillum* gen. nov. and two species, *Azospirillum lipoferum* (Beijerinck) comb. nov. and *Azospirillum brasilense* sp. nov. **Canadian Journal of Microbiology**, Ottawa, v. 24, n. 8, p. 967-980, 1978.

THIES, J. E.; BOHLOOL, B. B.; SINGLETON, P. W. Environmental effects on competition for nodule occupancy between introduced and indigenous rhizobia and among introduced strains. **Canadian Journal of Microbiology**, Ottawa, v. 38, p. 493-500, 1992.

TSAVKELOVA, E. A.; CHERDYNTSEVA, T. A.; BOTINA, S. G.; NETRUSOV, A. L. Bacteria associated with orchid roots and microbial production of auxin. **Microbiological Research**, Jena, v. 162, n. 1, p. 69-76, 2007.

VARGAS, M. A. T.; HUNGRIA, M. **Biologia dos solos dos cerrados**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1997. 524 p.

VARGAS, M. A. T.; MENDES, I. C.; CARVALHO, A. M.; LOBO-BURLE, M.; HUNGRIA, M. Inoculação de leguminosas e manejo de adubos verdes. In: SOUZA, D. M. G.; LOBATO, E. (Eds.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2002. 416 p.

VERONEZI, S.D.F.; COSTA, M.R.; SILVA, A.T.; MERCANTE, F.M. Co-inoculação de rizóbio e *Azospirillum brasilense* em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). In: Seminário de Agroecologia de Matogrosso do Sul, 4. 2012, Dourados. **Cadernos de Agroecologia**. Dourados: UEMS, 2012. v.7, n.2, p.1-5.

VIDOR, C.; KOLLING, J.; FREIRE, J.; SCHOLLES, D.; BROSE, E.; PEDROSO, M. H. T. **Fixação biológica do nitrogênio pela simbiose entre *Rhizobium* leguminosas**. Porto Alegre: IPAGRO, 1983.

VIEIRA, N. M. B.; ANDRADE, M. J. B.; MOREIRA, F. M. S.; SILVA, V. M. P.; CARVALHO, A. J. 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.

VIEIRA, R. F.; TSAI, S. M.; TEXEIRA, M. A. Nodulação e fixação simbiótica de nitrogênio em feijoeiro com estirpes nativas de rizóbio, em solo tratado com lodo de esgoto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, p. 1047-1050, 2005.

VLASSAK, K.; MERCANTE, F.; STRALIOTTO, R.; FRANCO, A. A.; VUYLSTEKE, M.; VANDERLEYDEN, J. Evaluation of the intrinsic competitiveness and saprophytic competence of *Rhizobium tropici* B strains. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 24, p. 274-282, 1997.

VLASSAK, K.; VANDERLEYDEN, J.; FRANCO, A. A. Competition and persistence of *Rhizobium tropici* and *Rhizobium etli* in a tropical soil during successive bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultures. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 21, p. 61-68, 1996.

WEZEL, A.; CASAGRANDE, M.; CELETTE, F.; et al. Agroecological practices for sustainable agriculture. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 34, n. 1, p. 1-20, 2014.

WEZEL, A.; DAVID, C.; FERRER, A.; LETORT, A.; FERET, S.; PEIGNÉ, J.; VIAN, J.; CELETTE, F. **Agroecological practices supporting the provision of goods and services in agriculture: Examples from France and Europe**. França: ISARA-Lyon, 2014. 68 p.

WOLFF, A. B.; STREIT, W.; KIPE-NOLT, J. A.; VARGAS, H. L.; WENER, H. Competitiveness of *Rhizobium leguminosarum* bv. *phaseoli* strains in relation to environmental stress and plant defense mechanisms. **Biology and Fertility of Soils**,

Berlin, v. 12, p. 170-176, 1991.

ZIMMERMAN, M. J. O.; TEIXEIRA, M. G. Origem e Evolução. In: ARAUJO, R. S.; RAVA, C. A.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, M. J. O. (Coord.). **Cultura do feijoeirocomum no Brasil**. Piracicaba: POTAFOS, 1996. p. 57-70.