

RESSALVA

Atendendo a solicitação do autor, o texto completo desta tese será disponibilizado somente a partir de 24/02/2024.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA
CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

LUCYMARA MERQUIDES CONTARDI

**INTERAÇÃO DE GENÓTIPOS DE FEIJOEIRO COMUM COM A INOCULAÇÃO DE
RHIZOBIUM TROPICI E *AZOSPIRILLUM BRASILENSE***

Ilha Solteira
2022

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

LUCYMARA MERQUIDES CONTARDI

**INTERAÇÃO DE GENÓTIPOS DE FEIJOEIRO COMUM COM A INOCULAÇÃO DE
RHIZOBIUM TROPICI E *AZOSPIRILLUM BRASILENSE***

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – Unesp como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutora em Agronomia. Especialidade: Sistema de Produção

Bruno Ettore Pavan
Orientador

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

C759i Contardi, Lucymara Merquides.
Interação de genótipos de feijoeiro comum com a inoculação de *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense* / Lucymara Merquides Contardi. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2022
29 f.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Sistemas de Produção, 2022

Orientador: Bruno Ettore Pavan
Inclui bibliografia

1. Inoculação. 2. Feijão comum. 3. Genótipos. 4. Variabilidade genética. 6. Coinoculação.


Raiane da Silva Santos

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: Interação de genótipos de feijoeiro comum com a coinoculação de *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense*

AUTORA: LUCYMARA MERQUIDES CONTARDI

ORIENTADOR: BRUNO ETTORE PAVAN

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em AGRONOMIA, especialidade: Sistemas de Produção pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. BRUNO ETTORE PAVAN (Participação Virtual)
Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia / FEIS / UNESP - Ilha Solteira

Prof. Dr. PABLO FORLAN VARGAS (Participação Virtual)
Departamento de Agronomia / UNESP - Câmpus de Registro/SP

Prof. Dr. MARCO EUSTAQUIO DE SA (Participação Virtual)
Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP

Prof. Dr. SEBASTIÃO FERREIRA DE LIMA (Participação Virtual)
Agronomia / Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

Profa. Dra. RITA DE CÁSSIA FÉLIX ALVAREZ (Participação Virtual)
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul / Chapadão do Sul/MS

Ilha Solteira, 24 de fevereiro de 2022

DEDICO

Aos meus pais, pelo amor e apoio incondicional.

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo amparo, força e perseverança recebidos para vencer os obstáculos dessa caminhada.

Aos, meus pais José Luis Contardi e Cicera Merquides Contardi, meus maiores exemplos de luta e superação, por toda ajuda, paciência e amor recebidos durante esses quatro anos.

Ao meu irmão André e minha cunhada por todo suporte no início desse ciclo. Ao meu irmão Douglas e toda sua família, que mesmo longe apoiaram e torceram para a conclusão dessa etapa. A minha tia Nancy e meu tio Luis, por todo amor e compreensão nos momentos de ausência.

Agradeço o meu orientador Bruno Pavan, por todo ensinamento, conversas e paciência no desenvolvimento e conclusão desse trabalho.

Ao Team Melhoramento, que sem essa equipe não seria possível a execução desse trabalho.

Aos amigos que fiz durante esse período, obrigada por estarem comigo nos momentos de alegrias e também nas dificuldades.

Agradeço as instituições Embrapa, IAPAR, Universidade Federal de Lavras e ao professor Orivaldo Arf por contribuir com a doação das sementes e materiais para realização dessa pesquisa.

A Universidade Estadual Paulista - "Júlio de Mesquita Filho" – UNESP, câmpus de Ilha Solteira- SP, agradeço a todos os professores, funcionários da universidade, da fazenda e do pomar, pelos ensinamentos e ajuda durante esse período de estudo e pesquisa.

RESUMO

A interação entre genótipos de feijão e microorganismos fixadores de nitrogênio, é uma alternativa para produção agrícola sustentável. Dessa forma, a pesquisa teve como objetivo verificar o efeito da interação das bactérias *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense* entre diferentes genótipos de feijão sobre caracteres de crescimento, nodulação, componentes de produção e produtividade de grãos de feijão. Os experimentos foram conduzidos no município de Selvíria – MS, nos anos de 2018 e 2019. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com três repetições, em esquema fatorial de 20x3, envolvendo vinte genótipos de feijão comum combinadas com três formas de inoculação (ausência de inoculação, inoculação com *Rhizobium tropici*, coinoculação de *Rhizobium tropici* + *Azospirillum brasilense*). Foram avaliados: altura de plantas; massa seca da parte aérea; diâmetro de caule; inserção da primeira vagem; número de vagens por planta; número de nódulos; massa de nódulos; número de grãos por vagem e produtividade de grãos. Houve interação tripla significativa dos fatores genótipos x anos x inoculação para as variáveis altura de plantas, número de nódulos, massa de nódulos e produtividade de grãos, sugerindo que a inoculação para ser eficiente na fixação biológica de nitrogênio, depende do conjunto de genótipos selecionados combinada com ambientes adequados. As características com maior efeito direto positivo sobre a produtividade de grãos foram número de grãos por vagem e massa de nódulos. Em relação as características de nodulação, observou-se que a seleção por massa de grãos é mais interessante, já que tem efeito direto sobre a produtividade de grãos e número de nódulos tem efeito negativo, sugerindo que é mais vantajoso termos maiores massas de nódulos do que quantidade de nódulos. Os genótipos de feijoeiro respondem de forma diferenciada a inoculação e programas de melhoramento vegetal devem levar em consideração a capacidade simbiótica do cultivar na seleção de genótipos de feijoeiro comum para ambientes tropicais.

Palavras-chave: fixação biológica de nitrogênio; correlação genética; simbiose; coinoculação.

ABSTRACT

The interaction between bean genotypes and nitrogen fixing microorganisms is an alternative for more sustainable agricultural production. Thus, the research aimed to verify the effect of the interaction of the bacteria *Rizhobium tropici* and *Azospirillum brasilense* between different bean genotypes on growth traits, nodulation, production components and bean grain yield. The experiments was conducted in Selvíria, MS, Brazil, in the years 2018 and 2019. The experimental design was a randomized block, with three replications, in a 20x3 factorial design, involving twenty common bean genotypes combined with three forms of inoculation (absence of inoculation, inoculation with *Rhizobium tropici*, coinoculation of *Rhizobium tropici* + *Azospirillum brasilense*). Were evaluated: plant height; shoot dry mass; stem diameter; first pod insertion; number of pods per plant; number of nodes; mass of nodules; number of grains per pod and grain yield. There was a significant triple interaction of the factors genotypes x years x inoculation for the variables plant height, number of nodules, nodule mass and grain yield, suggesting that inoculation to be efficient in biological nitrogen fixation depends on the set of selected genotypes combined with appropriate environments. The traits with the greatest positive direct effect on grain yield were number of grains per pod and nodule mass. Common bean genotypes respond differently to inoculation and plant breeding programs should take into account the symbiotic capacity of the cultivar in the selection of common bean genotypes for tropical environments.

Keywords: biological nitrogen fixation; genetic correlation; symbiosis; co-inoculation.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1	A cultura do feijão comum.....	12
2.2	Fixação biológica do nitrogênio.....	14
2.3	A coinoculação.....	16
2.4	Melhoramento genético do feijoeiro para fixação biológica do nitrogênio....	18
3	MATERIAL E MÉTODOS	21
3.1	Caracterização da área experimental.....	21
3.2	Material biológico e delineamento experimental.....	22
3.3	Condução do experimento e desenvolvimento da cultura.....	23
3.4	Variáveis analisadas.....	24
3.5	Análise estatística.....	25
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
5	CONCLUSÃO	45
6	REFERÊNCIAS	46
	APÊNDICE A – Fotos	55
	APÊNDICE B – Fotos	56
	APÊNDICE C – Fotos	57

1 INTRODUÇÃO

O feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) é uma planta nodulífera, pertencente à família Fabaceae, que tem capacidade de estabelecer simbiose com determinadas espécies de bactérias da família Rhizobiaceae e assim se beneficiar do nitrogênio atmosférico fixado por este processo biológico (MATOSO; KUSDRA, 2014).

A fixação biológica do nitrogênio pode ser uma alternativa para a diminuição do uso de adubos nitrogenados, desde que a simbiose com rizóbios supra o nitrogênio necessário ao crescimento e desenvolvimento do feijoeiro, mas ainda há descrédito quanto aos benefícios que a inoculação traz, caracterizando aplicação de altas doses de nitrogênio mineral para a cultura (FONSECA *et al.*, 2013).

O processo de nodulação é controlado pela interação entre a leguminosa (planta hospedeira), bactéria simbiote e fatores ambientais (NICOLOSO; SANTOS, 1990; MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). Aliado a isso, a domesticação e seleção de cultivares visando características desejáveis apenas no aspecto comercial e com uso de adubação nitrogenada sem que se levasse em consideração a capacidade de feijão em se associar com bactérias do gênero *Rhizobium*, provavelmente direcionou a seleção de plantas que respondessem melhor a adubação química, alterando o equilíbrio simbiótico entre a bactéria (rizóbio) e a planta, sendo necessário que se faça uma reavaliação para fixação biológica de nitrogênio das cultivares atuais (HUNGRIA; VARGAS, 2000; MATOSO; KUSDRA, 2014).

Considerando a baixa disponibilidade de cultivares de feijão com potencial simbiótico de maior expressividade, passou-se a utilizar a técnica de coinoculação ou inoculação mista, buscando justamente melhorar o desempenho das cultivares para esse aspecto (GILABEL, 2018).

Deste modo, além dos rizóbios específicos para o grupo das leguminosas, existem outros microrganismos que podem maximizar esse tipo de benefício e que fazem parte do grupo das bactérias promotoras do crescimento de plantas (BPCP) (SCHOSSLER *et al.*, 2016). Um desses grupos promissores é representado por bactérias associativas capazes de promover o crescimento das plantas por meio de diversos processos, como a produção de hormônios de crescimento e a capacidade de realizar fixação biológica do nitrogênio, destacando-se as pertencentes ao gênero *Azospirillum* (HUNGRIA; NOGUEIRA; ARAÚJO, 2015). Com isso, a inoculação conjunta de *Azospirillum spp.* com *Rhizobium* possibilita resultados positivos nas

variáveis analisadas em feijão comum, devido ao efeito simultâneo de aumento do sistema radicular e maior número de nódulos fixadores de nitrogênio atmosférico, podendo resultar em aumento da produtividade de grãos (GITTI *et al.*, 2012).

Os resultados de pesquisas visando a eficácia da fixação biológica de nitrogênio na cultura do feijão com *R. tropici* ou com a coinoculação de *A. brasilense* são divergentes, tendo resultados promissores, como os encontrados por Felipini *et al.* (2020) onde a aplicação de *A. brasilense* aliado a inoculação de *R. tropici*, teve um efeito aditivo, com aumento da biomassa, peso de mil grãos e rendimento de grãos. Já no trabalho realizado por Veronezi *et al.* (2012) com diferentes estirpes de rizóbios coinoculados com *A. brasilense*, os autores verificaram que a produção de matéria seca e acúmulo de N na parte aérea do feijoeiro não foram alterados pela coinoculação. Pelegrin *et al.* (2009) comparando o feijoeiro com e sem inoculação com diferentes níveis de adubação nitrogenada, constataram que não houve diferença estatística quando comparada a produtividade do tratamento inoculado e adubado com 20 kg ha⁻¹ de N e o tratamento não inoculado com 20 kg ha⁻¹ de nitrogênio em cobertura.

Dessa forma, a pesquisa teve como objetivo verificar o efeito da interação das bactérias *Rizhobium tropici* e *Azospirillum brasilense* entre diferentes genótipos de feijão sobre caracteres de crescimento, nodulação, componentes de produção e produtividade de grãos de feijão.

5 CONCLUSÃO

Existe variabilidade genética entre os genótipos para nodulação e promoção de crescimento quanto a inoculação *R. tropici* e coinoculação com *Azospirillum brasilense*.

Os genótipos de feijoeiro respondem de forma diferenciada a inoculação e programas de melhoramento vegetal devem levar em consideração a capacidade simbiótica do cultivar na seleção de genótipos de feijoeiro comum para ambientes tropicais.

Não existe um padrão de agrupamento entre genótipos de feijão e inoculação, exceto para fator ano, demonstrando forte interação genótipo x inoculação.

O caráter massa de nódulos é mais promissor para seleção de genótipos de feijoeiro comum que a número de nódulos este devendo ser utilizado conjuntamente com componentes de produção.

REFERÊNCIAS

- AIDAR, H *et al.* **Recomendações técnicas para o cultivo do feijoeiro comum em várzeas tropicais irrigadas por subirrigação**. Santo Antônio de Goiás, GO: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. 12 p. (Circular Técnica, 60).
- ALCANTARA NETO, F. *et al.* A. Análise de trilha do rendimento de grãos de soja na microrregião do Alto Médio Gurguéia. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v. 2, n. 2, p.107-112, 2011.
- ALVARES, C. A. *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.
- ALVES, M. V. P. *et al.* Desempenho agrônômico e qualitativo de cultivares de feijoeiro dos grupos comerciais carioca e especial na época de inverno. **Revista de la Facultad de Agronomía**, La Plata, v. 119, n. 1, p. 15, 2020.
- AMABILE, R. F.; VILELA, M. S.; PEIXOTO, J. R. (ed.). **Melhoramento de plantas: variabilidade genética, ferramentas e mercado**. Brasília: Sociedade Brasileira de Melhoramento de Plantas, 2018. 108 p. (SBMP: Livro técnico).
- AREVALO, A. C. M. *et al.* Parâmetros genéticos, correlações e componentes principais para caracteres agrônômicos em genótipos de feijoeiro comum do grupo carioca. **Research, Society and Development**, Itabira, v. 9, n. 11, p. 1-21, 2020.
- ARF, O. *et al.* Mecanismos de abertura do sulco e adubação nitrogenada no cultivo do feijoeiro em sistema plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 2, p. 499-506, 2008.
- BÁRBARO, I. M. *et al.* Técnica alternativa: coinoculação com *Azospirillum* e *Bradyrhizobium* visando incremento de produtividade da cultura da soja no Norte do Estado de São Paulo. **Informações Tecnológicas**, Campinas, 2008. Disponível em: http://www.infobibos.com/Artigos/2008_4/coinoculacao/index.htm. Acesso em: 29 dez. 2021.
- BARBOSA, C. K. R. *et al.* Adubação nitrogenada, inoculação e coinoculação na cultura do feijoeiro-comum. **Caderno de Ciências Agrárias**, Montes Claros, v. 12, p. 1-6, 2020.
- BARBOSA, F. R.; GONZAGA, A. C. O. **Informações técnicas para o cultivo do feijoeiro-comum na Região Central-Brasileira: 2012-2014**. Santo Antônio de Goiás, GO: Embrapa Arroz e Feijão, 2012. 247 p. (Documentos, 272).
- BARROS, R. L. N. *et al.* Interação entre inoculação com rizóbio e adubação nitrogenada de plantio na produtividade do feijoeiro nas épocas da seca e das águas. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 4, p. 1443-1450, 2013.

- BASHAN, Y.; HOLGUIN, G. Azospirillum–plant relationships: environmental and physiological advances (1990–1996). **Canadian Journal of Microbiology**, Ottawa, v. 43, n. 2, p. 103-121, 1997.
- BERTOLDO, J.G. *et al.* 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.
- BONETT, L. P. *et al.* Divergência genética em germoplasma de feijoeiro comum coletado no estado do Paraná, Brasil. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 27, n. 4, p. 547-560, 2006.
- BORÉM, A. **Melhoramento de plantas**. Viçosa: Editora UFV, 1997. 547p.
- BORÉM, A. **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2005. 969 p.
- BRITO, L. F. *et al.* Resposta do Feijoeiro Comum à Inoculação com Rizóbio e Suplementação com Nitrogênio Mineral em Dois Biomas Brasileiros. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 39, n. 4, p. 981–992, 2015.
- BHERING, L.L. Rbio: A tool for biometric and statistical analysis using the R platform. **Crop Breeding and applied biotechnology**, Viçosa, MG, v. 17, n. 2, p. 187-190, 2017.
- BRITO, M. M. P.; MURAOKA, T.; SILVA, E. C. Contribuição da fixação biológica de nitrogênio, fertilizante nitrogenado e nitrogênio do solo no desenvolvimento de feijão e caupi. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 1, p. 206-215, 2011.
- CARDILLO, B. E, S. **Inoculações de *Rhizobium tropici* e de *Azospirillum brasilense* relacionadas aos parâmetros de qualidade da semente e da planta do feijoeiro**. 2019. 102 f. Tese (Doutorado em Ciência) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2019.
- CARVALHO, C.G.P. *et al.* Interação genótipo x ambiente no desempenho produtivo da soja no Paraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 37, p. 989-1000, 2002.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos Safra 2021/22: terceiro levantamento**. Brasília, DF: CONAB, 2021. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>. Acesso em: 03 jan. 2022.
- CRUZ, C. D. Genes - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 35, n. 3, p. 271-276, 2013.
- CRUZ, C. D. Genes Software – extended and integrated with the R, Matlab and Selegen. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 38, n. 4, p. 547-552, 2016.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. I.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3 ed. Viçosa, MG: UFV, 2004. 480p.

DIAS, P. A. S. **Potencial genético de linhagens elite de feijoeiro-comum para fixação biológica de nitrogênio**. 2017.106 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2017.

DIDONET, A. D.; VITÓRIA, T. B. Resposta do feijoeiro comum ao estresse térmico aplicado em diferentes estágios fenológicos. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 36, n. 3, p. 199-204, 2006.

DÖBEREINER, J. Evaluation of nitrogen fixation in legumes by the regression of total plant nitrogen with nodule weight. **Nature**, Londres, v. 210, n. 5038, p. 850-852, 1966.

DÖBBEREINER, J.; DUQUE, F. F. Contribuição da pesquisa em fixação biológica de nitrogênio para o desenvolvimento do Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, DF, v. 18, n. 3, p. 447-460, 1980.

FARID, M.; EARL, H.J.; PAULS, K.P.; NAVABI, A. Response to selection for improved nitrogen fixation in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Euphytica**, Dordrecht, v. 213, p. 99-111, 2017.

FERNANDEZ, F.; GEPTS, P.; LOPES, M. **Etapas de desarrollo de la planta de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)**. Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1986. 34 p.

FERNANDES, R. C.; GUERRA, J. G. M.; ARAÚJO, A. P. Desempenho de cultivares de feijoeiro-comum em sistema orgânico de produção. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, Brasília, DF, v. 50, n. 9, p. 797-806, 2015.

FERREIRA, C. M.; PELOSO, M. J.; FARIA, L. C. **Feijão na economia nacional**, Santo Antonio de Goiás, GO. Embrapa Arroz e Feijão, 2002, 47 p. (Sistemas de Produção, 2).

FERREIRA, E. P. B.; SILVA, O. F.; WANDER, A. E. Economics of rhizobia and azospirilla co-inoculation in irrigated common bean in commercial and family farming. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 55, p. 1-9, 2020.

FILIPINI, L. D. *et al.* Application of Azospirillum on seeds and leaves, associated with Rhizobium inoculation, increases growth and yield of common bean. **Archives of Microbiology**, Heidelberg, v. 203, n. 3, p. 1033-1038, 2021.

FONSECA, G. G. *et al.* Resposta de cultivares de feijoeiro-comum à inoculação das sementes com duas estirpes de rizóbio. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, n. 6, p. 1778-1787, 2013.

FRANCO, M. C. *et al.* Nodulação em cultivares de feijão dos conjuntos gênicos andino e meso-americano. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 37, n. 8, p. 1145-1150, 2002.

GEPTS, P.; DEBOUCK, D. Origin, domestication, and evolution of the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *In*: van SCHOONHOVEN, A.; VOYSEST, O. (ed.). **Common beans: Research for crop improvement**. Wallingford, CAB, 1991. p.7-53

GILABEL, A. P. **Co-inoculação de *Rhizobium* e *Azospirillum* e adubação nitrogenada na cultura do feijão comum**. 2018. 85 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2018.

GITTI, D. C. *et al.* Inoculação de *Azospirillum* brasilense em cultivares de feijões cultivados no inverno. **Agrarian**, Dourados, v. 5, n. 15, p. 36–46, 2012.

GONÇALVES, D. L. *et al.* Correlação genética e análise de trilha de feijão comum coletados em Cáceres-MT, Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 47, n. 8, p. 1-7, 2017.

GRAHAM, P. H. Some problems of nodulation and symbiotic nitrogen fixation in *Phaseolus vulgaris* L.: a review. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 4, p. 93-112, 1981.

HERRIDGE, D. F.; DANSO, S. K. A. Enhancing crop legume N₂ fixation through selection and breeding. **Plant and Soil**, Haia, v. 174, n. 2, p. 51-82, 1995.

HOFFMANN JÚNIOR, L. *et al.* Resposta de cultivares de feijão à alta temperatura do ar no período reprodutivo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, p. 1543-1548, 2007.

HUNGRIA, M., CAMPO, R. J.; MENDES, I. C. **A importância do processo de fixação biológica do nitrogênio para a cultura de soja**: componente essencial para a competitividade do produto brasileiro. Londrina: Embrapa Soja: Embrapa Cerrados, 2007. 80 p. (Documentos, 283).

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; NOGUEIRA, M. A. A pesquisa em fixação biológica do nitrogênio na Embrapa Soja: passado, presente e perspectivas futuras. *In*: Reunião da rede de laboratórios para recomendação, padronização e difusão de tecnologia de inoculantes microbianos de interesse agrícola, 16., 2012, Londrina, PR. **Anais [...]** Londrina, PR: XVI Relare, 2014. p. 54-59.

HUNGRIA, M.; MENDES, I.C. Nitrogen fixation with soybean: the perfect symbiosis? *In*: DE BRUIJIN, F. (ed.). **Biological Nitrogen Fixation**. New Jersey: Wiley Publisher, Hoboken, 2015. p. 1005-1019.

HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M.A.; ARAUJO R.S. Soybean seed co-inoculation with *Bradyrhizobium* spp. and *Azospirillum* brasilense: a new biotechnological tool to improve yield and sustainability. **American Journal of Plant Science**, Dubai, v. 6, n. 10, p. 811–817, 2015.

HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A.; ARAUJO, R. S. Co-inoculation of soybeans and common beans with rhizobia and azospirilla: Strategies to improve sustainability. **Biology and Fertility of Soils**, Heidelberg, v. 49, n. 7, p. 791–801, 2013.

HUNGRIA, M.; VARGAS, M. A. T. Environmental factors affecting N₂ fixation in grain legumes in the tropics, with an emphasis on Brazil. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 65, n. 2–3, p. 151–164, 2000.

KUREK, A. J. *et al.* Análise de trilha como critério de seleção indireta para rendimento de grãos em feijão. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 7, n.1, p. 29-32, 2001.

KUSDRA, F. J. **Nodulação do feijoeiro e fixação biológica do nitrogênio em resposta à microbiolização das sementes e à aplicação de micronutrientes**. 2002. 154 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

MALAVOLTA, E. Nutrição Mineral das Plantas. *In*: **Curso de Atualização em Fertilidade do Solo**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. p. 33-101.

MARENCO, R. A.; LOPES, N. F.; MOSQUIM, P. R. Nodulation and nitrogen fixation in soybeans treated with herbicides. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Londrina, v. 5, n. 2, p. 121-126, 1993.

MARTINEZ-ROMERO *et al.* Rhizobium tropici, a novel species nodulating *Phaseolus vulgaris* L. Beans and *Leucaena* sp. trees. **International Journal of Systematic Bacteriology**, Iowa, v. 41, n. 3, p. 417-426, 1991.

MATOSO, S. C. G; KUSDRA, J. F. Nodulação e crescimento do feijoeiro em resposta à aplicação de molibdênio e inoculante rizobiano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 6 p. 567-573, 2014.

MEDEIROS, L. A. M. **Resistência genética do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) ao *Colletotrichum lindemuthianum***. 2004. 97 f. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2004.

MENDES, I. C.; REIS JUNIOR, F. B.; CUNHA, M. H. **20 perguntas e respostas sobre fixação biológica de nitrogênio**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2010. 19 p.(Documentos, 281).

MERCANTE, F.M.; GOI, S. R.; FRANCO, A. A. Importância dos compostos fenólicos nas interações entre espécies leguminosas e rizóbio. **Revista Universidade Rural**, Seropédica, v. 22, n. 1, p. 65-81, 2002.

MINGOTI, S. A. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada**. Belo Horizonte, MG: UFNG. 2005. 297 p.

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

MONTGOMERY, D. C.; PECK, E. A.; VINING, G. G. **Introduction to linear regression analysis**. New York: John Wiley and Sons, 2006. 640 p.

- MORAES, W. B. *et al.* Avaliação da fixação biológica do nitrogênio em genótipos de feijoeiros tolerantes a seca. **Idesia (Arica)**, Chile, v. 28, n. 1, p. 61-68, 2010.
- MOURA, M. M. *et al.* Potencial de caracteres na avaliação da arquitetura de plantas de feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 48, n. 4, p. 417-425, 2013.
- NICOLOSO, F. T.; SANTOS, O. S. Considerações sobre a fixação simbiótica do N₂ no feijoeiro comum. **Revista do Centro de Ciências Rurais**, Santa Maria, v. 20, n. 2, p. 51-73, 1990.
- NOGUEIRA, A. P. O. *et al.* E. Análise de trilha e correlações entre caracteres em soja cultivada em duas épocas de semeadura. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 6, p. 877-888, 2012.
- NUTMAN, P.S. Genetics of symbiosis and nitrogen fixation in legumes. **Proceedings of the Royal Society**, London, v. 172, n. 1029, p. 417-437, 1969.
- OLIVEIRA, L. F. C. *et al.* **Conhecendo a fenologia do feijoeiro e seus aspectos fitotécnicos**. Brasília, DF: Embrapa Arroz e Feijão, 2018. 59 p. (Livro técnico).
- OLIVEIRA, I. P.; ARAUJO, R. S.; DUTRA, L. G. **Nutrição mineral e fixação biológica de nitrogênio**. In: ARAUJO, R. S.; RAVA, C. A.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, M. J. de O. (coord.). *Cultura do feijoeiro comum no Brasil*. Piracicaba: Potafos, 1996. p. 169-221.
- PELEGRIN, R. DE *et al.* 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, P. A. A. Fixação biológica de nitrogênio no feijoeiro. **Informe Agropecuário**, Belo horizonte, v. 90, n. 8, p. 1-5, 1982.
- PEREIRA, P. A. A. *et al.* Capacidade de genótipos de feijoeiro de fixar N₂ atmosférico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 19, n.7, p. 811-815, 1984.
- PEREIRA, P. A. A. *et al.* Selection for increased nodule number in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Plant and Soil**, Haia, v. 148, n. 2, p. 203-209, 1993.
- PEREIRA, A. A.; BRAIDOTTI, W. Comparação de métodos de melhoramento de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) para o incremento da fixação simbiótica de nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 31, p. 15-21, 2001.
- PEREIRA, H. S. *et al.* Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de feijoeiro-comum com grãos tipo carioca na Região Central do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 44, p. 29-37, 2009.

- PERES, A. R. *et al.* Co-inoculation of *Rhizobium tropici* and *Azospirillum brasilense* in common beans grown under two irrigation depths. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 63, n. 2, p. 198–207, 2016.
- PERES, J. R. R. *et al.* Efeito da inoculação com rizóbio e da adubação nitrogenada em sete cultivares de feijão em solo Cerrado. **Revista brasileira de ciência do solo**, Viçosa, MG, v. 18, n. 3, p. 415-420, 1994.
- POEHLMAN, J. M.; SLEPER, D. A. **Breeding field crops**. Iowa: Iowa State University Press, 1995. 417 p.
- PRADO, R. M. **Nutrição de Plantas**. São Paulo: Editora UNESP, 2008. 300 p.
- RAIJ, B. van *et al.* **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 2001.
- RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B. Melhoramento do feijão. **Informativo Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 8, n. 90, p. 16-19, 1982.
- REGAZZI, A. J. *et al.* Análise de experimentos em látice quadrado com ênfase em componentes de variância. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 34, n. 11, p. 1987-1997, 1999.
- REMANS, R. *et al.* Effect of *Rhizobium*–*Azospirillum* coinoculation on nitrogen fixation and yield of two contrasting *Phaseolus vulgaris* L. genotypes cultivated across different environments in Cuba. **Plant and Soil**, Crawley, v. 312, n. 1, p. 25-37, 2008.
- RIBEIRO, N. D.; DOMINGUES, L. S.; ZEMOLIN, A. E. M. Avaliação dos componentes da produtividade de grãos em feijão de grãos especiais. **Científica**, Jaboticabal, v. 42, n. 2, p. 178-186, 2014.
- ROCHA, F. *et al.* Seleção em populações mutantes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) para caracteres adaptativos. **Biotemas**, Florianópolis, v. 22, n. 2, p. 19-27, 2009.
- ROMANINI JÚNIOR, A. *et al.* Avaliação da inoculação de rizóbio e adubação nitrogenada no desenvolvimento do feijoeiro, sob sistema plantio direto. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 23, n. 4, p. 74-82, 2007.
- SAS. Institute inc. SAS procedures guide. Version 8 (TSMO). Cary: SAS Institute Inc., 1999. 454p.
- SANTOS, H. G. *et al.* **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356 p.
- SANTIS, F. *et al.* Componentes de produção, produtividade e atributos tecnológicos de cultivares de feijoeiro do grupo comercial carioca. **Colloquium Agrariae**, Presidente Prudente, v. 15, n. 6, p. 21–30, 5 dez. 2019.

SILVA, C. A. **Associação entre arquitetura da planta e a produtividade do feijoeiro do mesmo “pool” gênico**. 2009. 59 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas). Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

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

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

SULZBACHER, L. J. *et al.* Análise da divergência genética através de caracteres agrônômicos em genótipos de feijão comum. **Revista Espacios**, Venezuela, v. 38, n. 23, 2017.

SCHOSSLER, J. H. *et al.* Componentes de rendimento e produtividade do feijoeiro comum submetido à inoculação e co-inoculação com estirpes de *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense*. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 17, n. 1, p. 10-15, 2016.

SHIMADA, M; ARF, O; SÁ, M. E. Componentes do rendimento e desenvolvimento do feijoeiro de porte ereto sob diferentes densidades populacionais. **Bragantia**, Campinas, v. 59, n. 2, p. 181-187, 2000.

SQUILASSI, M. G. **Interação de genótipos com ambientes**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2003. 48 p. (Livro técnico).

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

STRALIOTTO, R.; TEIXEIRA, M. G. A. **Variabilidade Genética do Feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.)**: aplicações nos estudos das interações simbióticas e patogênicas. Seropédica, RJ: Embrapa Agrobiologia, 2000. 59 p. (Documentos, 126)

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 722p.

VALE, N. M. *et al.* Avaliação para tolerância ao estresse hídrico em feijão. **Biotemas**, Florianópolis, v. 25, n. 3, p. 135-144, 2012.

VARGAS, M. A.T; MENDES, I. C.; HUNGRIA, M. Response of field-grown bean (*Phaseolus vulgaris* L.) to *Rhizobium* inoculation and nitrogen fertilization in two Cerrados soils. **Biology and Fertility of Soils**, Berlim, v. 32, n. 3, p. 228-233, 2000.

VELHO, L. P. S. *et al.* Phenotypic correlation and direct and indirect effects of aerial part components with root distribution of common bean. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 52, n. 5, p. 328–334, 2017.

VERONEZI, S. D. F. *et al.* **Co-inoculação de rizóbio e Azospirillum brasilense em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.)**. Embrapa Agropecuária Oeste-Outras publicações técnicas (INFOTECA-E), 2012.

VIEIRA, N. M. B. *et al.* Comportamento dos genótipos de feijoeiro em relação à adubação com nitrogênio mineral e inoculação com rizóbio. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 18, n. 01, p. 57-61, 2005.

ZUFFO, A. M. *et al.* Correlações e análise de trilha em cultivares de soja cultivadas em diferentes densidades de plantas. **Revista Cultura Agronômica**, Ilha Solteira, v. 27, n. 1, p. 78-90, 2018.