

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

LUIZ COBINIANO DE MELO FILHO

**DESEMPENHO DO FEIJOEIRO À INOCULAÇÃO COM *Azospirillum brasilense* e
Rhizobium tropici, ADUBAÇÃO NITROGENADA E MOLÍBDICA EM CONDIÇÕES
AMAZÔNICAS**

Ilha Solteira
2020

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

LUIZ COBINIANO DE MELO FILHO

**DESEMPENHO DO FEIJOEIRO À INOCULAÇÃO COM *Azospirillum
brasiliense* e *Rhizobium tropici*, ADUBAÇÃO NITROGENADA E
MOLÍBDICA EM CONDIÇÕES AMAZÔNICAS**

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor. Especialidade Sistemas de Produção.

Nome do orientador
Prof. Dr. Orivaldo Arf

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

- Melo Filho, Luiz Cobiniano de.
- M528d Desempenho do feijoeiro à inoculação com *Azospirillum brasilense* e *Rhizobium tropici*, adubação nitrogenada e molíbdica em condições amazônicas / Luiz Cobiniano de Melo Filho. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2020
58 f. : il.
- Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Sistemas de Produção, 2020
- Orientador: Orivaldo Arf
- Coorientador: Marcos Aurélio Anequine de Macedo; Anotonio Anicete de Lima
- Inclui bibliografia
1. *Phaseolus vulgaris* L. 2. Bactérias diazotróficas. 3. Coinoculação.


Raiane da Silva Santos
Supervisora Técnica de Seção
Setor Técnico de Referência, Atendimento ao usuário e Documentação
Diretoria Técnica de SBH/IBD e Documentação
CIB/IB - 9999

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: Desempenho do feijoeiro à inoculação com *Azospirillum brasilense* e *Rhizobium tropici*, adubação nitrogenada e molibídica em condições amazônicas.

AUTOR: LUIZ COBINIANO DE MELO FILHO

ORIENTADOR: ORIVALDO ARF

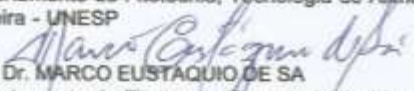
COORIENTADOR: MARCOS AURÉLIO ANEQUINE DE MACEDO

COORIENTADOR: ANTONIO ANICETE DE LIMA

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em AGRONOMIA, área:
Sistemas de Produção pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. ORIVALDO ARF

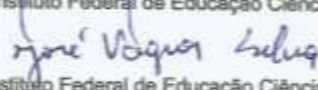
Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP


Prof. Dr. MARCO EUSTAQUIO DE SA

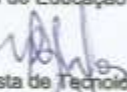
Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP


Prof. Dr. ERNANDO BALBINOT

Campus Colorado do Oeste/RO / Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Rondônia - IFRO


Prof. Dr. JOSÉ VAGNER SILVA

Campus de Colorado do Oeste / Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Rondônia -IFRO


Dra. NELI CRISTINA BELMIRO DOS SANTOS

Pólo Regional do Extremo Oeste / Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios

Ilha Solteira, 01 de julho de 2020

DADOS CURRICULARES

Luiz Cobiniano de Melo Filho, natural de Catolé do Rocha – PB, filho de produtor rural. Tornou-se Engenheiro Agrônomo pela Universidade Federal da Paraíba-UFPB, no ano de 1991. Atuou como Extensionista Rural, pela EMATER-RO, no período de 1994 a 1996. Em 20 de dezembro de 1996, tomou posse na **Escola Agrotécnica Federal de Colorado do Oeste – RO**, habilitado em Concurso Público como Professor de Ensino de 1º e 2º grau. Logo após, em 1997, concluiu o **Curso Superior de Formação de Professores de Disciplinas Especializadas no Ensino de 2º Grau, Esquema I**, pelo CEFET do Paraná. No ano seguinte, concluiu o curso de Pós-Graduação “**Lato- Sensu**” em **Metodologia de Ensino**, pela Faculdade de Ciências e Letras Plínio Augusto do Amaral-SP. No ano de 2008, obteve o Título de **Mestre em Agricultura Tropical**, pela Universidade Federal do Mato Grosso-UFMT. Em 2016, iniciou o curso de Doutorado em Agronomia - Sistemas de Produção, vinculado ao Programa de Pós Graduação da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, concluindo-o em julho de 2020.

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Luiz de Melo e Dalvanira
Alves (in memoriam),

À minha esposa, Maria da Conceição,

Aos meus filhos, Maria Luiza, Amanda
Gabriele e Luiz Eduardo,

Meus irmãos, Dulceni Diniz, José Diniz e
Dinalva Diniz (in memoriam), Dulcemar
Diniz, Delizomar Diniz, Digenaldo Diniz,
Francisca Diniz e Divalda Diniz.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus pela realização de mais um sonho e também pela presença constante em minha vida e de minha família;

Ao Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Rondônia – IFRO, pelo Convênio celebrado com a Universidade Estadual “JÚLIO DE MESQUITA FILHO” campus de Ilha Solteira;

A PROESP – Pró– Reitoria de Pesquisa, Inovação e Pós- Graduação, pela celebração do convênio entre IFRO E UNESP – Ilha Solteira;

Ao IFRO - *campus* Colorado do Oeste–RO, por ceder a área e maquinário para instalação do experimento;

Ao professor Dr. Orivaldo Arf, obrigado, não apenas, pela orientação, mas também pelo o apoio desde a elaboração do projeto, instalação e condução da pesquisa, análises e discussões dos dados, como também pela amizade demonstrada ao longo da nossa convivência;

Aos professores da UNESP - Ilha Solteira, que fizeram parte do programa DINTER (doutorado Institucionalizado), pela amizade, dedicação e incentivos no decorrer do curso. Em especial, Dr. Marcelo Andreott e Dr. Rafael Montanari, pela colaboração e sugestões no exame da qualificação. Como também, Dr. Marco Eustáquio de Sá, Dra. Ana Maria Rodrigues Cassiolato, Dr. João Antônio da Costa Andrade, e a Dra. Neli Cristina Belmiro Santos (Pólo Regional do Extremo Oeste / Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios), por aceitarem o convite de participar na banca de defesa;

Aos professores do IFRO – Colorado, Dr. Ernando Balbinot, Dr. José Vagner da Silva, Dr. Fabiano Gama de Souza e Dr. Nélío Ranieri Ferreira de Paula, em aceitarem o convite de participar da banca de defesa;

Aos colegas participantes do DINTER, pela amizade e ajuda no decorrer dos estudos;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), por disponibilizar recursos e incentivos;

Aos servidores e terceirizados do *campus* de Colorado, Vanderlei Chorubula, João Simões, Ivanor Borbas, Adelino Liberado e José Augusto, pelo apoio nas atividades da pesquisa;

Aos alunos do curso de agronomia, Darllan Junior, Ivanildo Guilherme, Juliana Pereira, Romário Batista, Willian Botelho, Jean Carlos, Fernando Cardoso, Dayane Barbosa, Lucas Garcia, Indianara Cazuza, Ítalo Diego, Katyane Oliveira, Luiz Henrique, Gabriel Rafael e Rafael Batista, pela ajuda desde a instalação do experimento, coletas de plantas, contagens de vagens, grãos e colheitas. Em especial à Ivanildo Guilherme, pela ajuda na implantação e condução da pesquisa durante os dois anos;

À minha esposa, Maria da Conceição, aos filhos, Maria Luíza, Amanda Gabriele e Luiz Eduardo, à minha cunhada, Dilma Alves, pelo apoio e compreensão na conclusão dessa etapa em minha vida;

A todas as pessoas, que de maneira direta e indireta, contribuíram para o desenvolvimento desse trabalho.

“A educação é a arma mais poderosa que você pode usar para mudar o mundo”

(Nelson Mandela)

RESUMO

O feijoeiro é uma planta exigente em nutrientes, com alta demanda por nitrogênio (N). A fixação biológica de N (FBN) é provavelmente a melhor solução para atender essa demanda, especialmente, considerando as perdas no sistema solo-planta-atmosfera. O molibdênio (Mo), presente nas enzimas nitrogenase e redutase do nitrato, é fundamental no metabolismo do N, inclusive da FBN. Assim, o objetivo foi avaliar se a inoculação das sementes de feijão e possíveis interações com a adubação nitrogenada e molíbdica em cobertura, tem efeito no desenvolvimento e produtividade do feijoeiro. A pesquisa foi realizada em área experimental do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Rondônia, *campus* Colorado do Oeste - RO. O solo do local é classificado como um Argissolo Vermelho eutrófico. Utilizou-se delineamento experimental de blocos casualizados, em um esquema fatorial 4x2x2. Os tratamentos foram constituídos pela combinação da inoculação de sementes (Testemunha sem inoculação, *Azospirillum brasilense*, *Rhizobium. tropici*, *Azospirillum brasilense* + *Rhizobium tropici*), com aplicação foliar de molibdênio (sem aplicação e com 126 g ha⁻¹) e fornecimento de N em cobertura (sem adubação e com 30 kg ha⁻¹). Avaliou-se população de plantas, componentes de produção e produtividade de grãos, nos anos de 2017 e 2018. E massa seca da parte aérea e radicular do feijoeiro em estufa, no ano de 2018. A inoculação das sementes, com *Azospirillum brasilense*, quando associada com 30 kg ha⁻¹ de N em cobertura, incrementou a população de plantas, número de vagens por planta e a produtividade de grãos. Verificou-se ainda, a influência da inoculação de sementes do feijoeiro de forma isolada nos teores de P, Ca e S. A adubação nitrogenada em cobertura foi determinante no aumento de produtividade do feijão de inverno, independente da inoculação ou aplicação de Mo foliar.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris* L. Bactérias diazotróficas. Coinoculação.

ABSTRACT

Beans are a nutrient-demanding plant, with high demand for nitrogen (N). Biological N fixation (BNF) is probably the best solution to meet this demand, especially considering losses in the soil-plant-atmosphere system. Molybdenum (Mo), present in the enzymes nitrogenase and nitrate reductase, is fundamental in the metabolism of N, including BNF. The objective of this study was to evaluate if the inoculation of the bean seeds with *Azospirillum brasilense*, *Rhizobium tropici*, and possible interactions with the nitrogen and molybdenic fertilization in the cover, has an effect on the development and productivity of the bean. The research was carried out in an experimental area of the experimental do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Rondônia, Campus Colorado do Oeste–Ro. The soil classified as an Eutrophic Red Argisol A randomized complete block design was used in a 4x2x2 factorial scheme. Plant population, production components and grain yield were evaluated in two crops (2017 and 2018). And dry mass of the area and root of the beans in greenhouse in 2018. The seed inoculation with *Azospirillum brasilense*, when associated with 30 kg ha⁻¹ of N in cover, increases the plant population, number of pods per plant and yield of grains. It was also verified the influence of the inoculation of common bean seeds in the levels of P, Ca and S. Nitrogen fertilization on cover is determinant in the increase of winter bean productivity, regardless of inoculation or application of foliar Mo.

Keywords: *Phaseolus vulgaris* L. Diazotrophic bacteria. Co-inoculation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	- A- Aplicação a lanço do calcário Filler; B- Incorporação do calcário.	28
Figura 2	- Demarcação da área experimental.	29
Figura 3	- Semeadura do feijão (Campus de Colorado do Oeste 2017 e 2018).	29
Figura 4	- A - Cobertura com <i>Brachiaria ruziziensis</i> ; B- dessecação da área experimental.	30
Figura 5	- Adubação de fundação.	30
Figura 6	- Tratamento químico com inseticida e fungicida no 1º ano (A); e no 2º ano(B).	31
Figura 7	- A - Preparo das bactérias – inoculação; B - inoculação das bactérias.	31
Figura 8	- Aplicação do molibdênio aos 19 dias após emergência das plântulas 1º ano (A) e no 2º ano (B).	32
Figura 9	- Adubação de cobertura com ureia.	32
Figura 10	- Coleta de folhas para análise.	33
Figura 11	- Controle de pragas.	34
Figura 12	- A - Contagem do número de vagens; B - contagem do número de grãos.	35
Figura 13	- Determinação da massa de 100 grãos1º ano (A) e no 2º ano(B).	35
Figura 14	- Trilha manual do feijão	36
Figura 15	- A - Adubação de plantio; B- Após a germinação e desbaste.	37
Figura 16	- A - Pré-floração-R5; B - Adubação de cobertura com N.	38
Figura 17	- A- Lavagem do sistema radicular; B - Sistema radicular após lavagem.	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	- Análise química do solo da área experimental na camada de 0,00 a 0,20 m em 2017. Colorado do Oeste (RO), 2018.	27
Tabela 2	- Massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca do sistema radicular (MSSR) em feijoeiro de inverno em função da inoculação de sementes, aplicação foliar de molibdênio e nitrogênio em cobertura. Colorado do Oeste (RO), 2017 e 2018.	40
Tabela 3	- Desdobramento da interação entre inoculação de sementes e molibdênio via foliar para massa seca do sistema radicular no feijoeiro de inverno cultivado em condições amazônicas. Colorado do Oeste (RO), 2018.	41
Tabela 4	- Desdobramento da interação entre inoculação de sementes e nitrogênio em cobertura para massa seca do sistema radicular no feijoeiro de inverno cultivado em condições amazônicas. Colorado do Oeste (RO), 2018.	42
Tabela 5	- Teores de Nitrogênio, Fósforo e Potássio nas folhas do feijoeiro de inverno em função da inoculação de sementes, aplicação foliar de molibdênio e nitrogênio em cobertura. Colorado do Oeste (RO), 2017 e 2018.	44
Tabela 6	- Teores de Cálcio, Magnésio e Enxofre nas folhas do feijoeiro de inverno em função da inoculação de sementes, aplicação foliar de molibdênio e nitrogênio em cobertura. Colorado do Oeste (RO), 2017 e 2018.	45
Tabela 7	- Média da população (POP), número de vagem por planta (NVP), número de grãos por planta (NGP) do feijão de inverno em função da inoculação de sementes, aplicação foliar de molibdênio e nitrogênio em cobertura. Colorado do Oeste (RO), 2017 e 2018.	46
Tabela 8	- Desdobramento da interação entre inoculação de sementes e nitrogênio em cobertura para população final de plantas e número de vagem por planta no feijoeiro de inverno cultivado em condições amazônicas. Colorado do Oeste (RO), 2017.	47
Tabela 9	- Desdobramento da interação entre adubação molíbdica foliar e nitrogênio em cobertura para número de vagens por planta em feijão de inverno cultivado em condições amazônicas. Colorado do Oeste (RO), 2017.	49
Tabela 10	- Número de grãos vagem ⁻¹ (NGV), massa de 100 grãos (M100) e produtividade do feijão (PROD) de inverno em função da inoculação de sementes, aplicação foliar de molibdênio e nitrogênio em cobertura. Colorado do Oeste (RO), 2017 e 2018.	49
Tabela 11	- Desdobramento da interação entre inoculação de sementes e nitrogênio em cobertura para a produtividade do feijão de inverno cultivado em condições amazônicas. Colorado do Oeste (RO), 2017.	51

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	18
2.1	IMPORTÂNCIA DA CULTURA DO FEIJÃO	18
2.2	NITROGÊNIO	18
2.3	MOLIBDÊNIO	20
2.4	BACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO DE PLANTAS E FIXAÇÃO BIOLÓGICA DO NITROGÊNIO	22
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	27
3.1	EXPERIMENTO EM CAMPO	27
3.1.1	Área experimental.....	27
3.1.2	Tratamento e delineamento experimental	28
3.1.3	Implantação e condução do experimento	28
3.1.4	Análise dos teores de N, P, K, Ca ²⁺ , Mg ²⁺ e S.....	33
3.1.5	Avaliações na cultura do feijão	34
3.1.6	Análise estatística dos dados.....	36
3.2	EXPERIMENTO EM VASO	36
3.2.1	Área experimental.....	36
3.2.2	Tratamentos e delineamento experimental	36
3.2.3	Implantação e condução do experimento	37
3.2.4	Avaliações na cultura do feijão	39
3.2.5	Análise estatística dos dados.....	39
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
4.1	EXPERIMENTO EM VASO	40
4.2	EXPERIMENTO EM CAMPO	42
5	CONCLUSÃO.....	52
	REFERÊNCIAS	53

1 INTRODUÇÃO

O feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é um dos principais componentes da dieta alimentar brasileira, constituindo uma das mais importantes fontes de proteína vegetal, sobretudo para a população de baixa renda (TARSITANO *et al.*, 2015; MELO FILHO *et al.*, 2011). A cultura se destaca economicamente por ser cultivada por pequenos e grandes produtores e em diversificados sistemas de produção, principalmente vinculados à agricultura familiar (VALADÃO *et al.*, 2009).

A produtividade média brasileira, na safra 2018/19, foi de aproximadamente 1.156 kg ha⁻¹, enquanto que no Estado de Rondônia, esta atingiu a média de 868 kg ha⁻¹, na mesma safra (CONAB, 2019), se destacando como uma das menores do País.

Dentre os principais fatores limitantes da produtividade do feijoeiro no Estado de Rondônia, destacam-se a susceptibilidade aos diversos estresses ambientais, ao ataque de pragas, doenças, o cultivo em solos de baixa fertilidade e o baixo nível tecnológico adotado pela grande maioria dos produtores (VALADÃO *et al.*, 2009). A busca por melhores produtividades e rentabilidade na cultura, passa pela melhoria das características do solo e da nutrição vegetal, em especial da adubação nitrogenada (MALAVOLTA, 2006).

O nitrogênio (N) é um dos nutrientes requeridos em maior quantidade pelas leguminosas anuais produtoras de grãos (STRALIOTTO *et al.*, 2002; OLIVEIRA *et al.*, 2012). Tem-se como principais fontes de N para a cultura do feijão, o solo, por meio da decomposição da matéria orgânica, a aplicação de fertilizantes nitrogenados e a fixação biológica do N₂ atmosférico, que se dá pela associação do feijoeiro com bactérias do grupo dos rizóbios (OLIVEIRA *et al.*, 2012).

Além do alto custo econômico vinculado à adubação mineral, esta ainda promove consequências ecológicas, principalmente, relacionadas aos processos de lixiviação, volatilização e acidificação dos solos tropicais. (FIGUEIREDO, 2012). Nesses tipos de solos, a reação de oxidação do amônio é capaz de gerar acidez quando se faz uso de fertilizante, como (NH₄)₂SO₄ e NH₄NO₃, sendo esta proporcional à dose aplicada.

A fixação biológica por bactérias diazotróficas é uma das formas mais importantes para aquisição de N pelas fabáceas, na forma de amônio, contribuindo

na produtividade e redução dos custos. A reação de fixação biológica de N_2 atmosférico é realizada por microrganismos procarióticos conhecidos como bactérias diazotróficas, que podem ser de vida livre, estarem associados a espécies vegetais ou estabelecerem simbiose com fabáceas (MOREIRA *et al.*, 2010), destacando-se, nesse grupo, os gêneros *Azospirillum* e *Rhizobium*. Além da capacidade de fixação de N_2 atmosférico, as bactérias promotoras de crescimento (BPCs) promovem o aumento da atividade da redutase do nitrato, na produção de hormônios como auxinas, citocininas, giberilinas e na solubilização de fosfato (RODRIGUEZ *et al.*, 2004; CASSÁN *et al.*, 2009).

Em relação ao desenvolvimento e crescimento das plantas, vários estudos confirmam que o *Azospirillum* produz fitohormônios que estimulam o crescimento das raízes de diversas espécies de plantas (BURDMAN *et al.*, 1996; HUNGRIA, 2011), e ainda pode fixar N e disponibilizá-lo ao feijoeiro. Segundo Hungria (2011), o maior desenvolvimento das raízes pela inoculação com *Azospirillum* promove vários outros efeitos, como incrementos na absorção da água e minerais, maior tolerância a estresses como salinidade e seca, resultando em plantas mais vigorosas e produtivas. Além do mais, as respostas positivas da inoculação combinada de *Azospirillum* e *Rhizobium*, podem ser atribuídas à nodulação precoce, o aumento no número de nódulos, e a melhora geral no desenvolvimento do sistema radicular (VOLPIN & KAPULNIK, 1994). No entanto, essa técnica ainda deve ser melhor estudada.

Para mais, o metabolismo e fixação simbiótica do nitrogênio dependem da presença do molibdênio (Mo) (FIGUEIREDO, 2016). Isso se dá, pois o Mo é constituinte de três enzimas associadas à nutrição nitrogenada da planta: nitrogenase, redutase do nitrato e desidrogenase da xantina. Essas enzimas atuam, respectivamente, na aquisição do nitrogênio (N) por meio da FBN, no aproveitamento do N absorvido na forma de nitrato e na degradação da purina. Logo, feijoeiros com deficiência desse micronutriente podem apresentar baixos teores de N (VIEIRA *et al.*, 2015).

Devido ao elevado custo da adubação nitrogenada e a pouca utilização da inoculação de bactérias fixadoras de nitrogênio na cultura do feijoeiro, considerada ineficiente quando comparada a outras leguminosas, tecnologias que otimizem a utilização do *Rhizobium* são fundamentais para a busca de uma produção sustentável. Pesquisas realizadas, em alguns países, têm demonstrado que a

utilização de bactérias do gênero *Azospirillum* em conjunto com *Rhizobium* tem melhorado os resultados da inoculação do feijoeiro.

Desta maneira, o objetivo foi avaliar se a inoculação de *Azospirillum brasilense* e *Rhizobium tropici*, isolados ou em conjunto, e possíveis interações com a adubação nitrogenada em cobertura e molíbdica via foliar, afetam o desenvolvimento e produtividade do feijoeiro de outono-inverno.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1. IMPORTÂNCIA DA CULTURA DO FEIJÃO

O feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é a espécie mais cultivada no mundo entre as demais do gênero *Phaseolus*, sendo o Brasil o maior produtor e consumidor desse grão. O feijão constitui uma das mais importantes fontes de proteína vegetal, sobretudo para a população de baixa renda, destacando economicamente e socialmente (TARSITANO *et al.*, 2015; MELO FILHO *et al.*, 2011).

A produção do feijão, no Brasil, é realizada preponderantemente por pequenos produtores e em diversificados sistemas, sendo a grande maioria destes, vinculados a agricultura familiar cerca de 70% da produção nacional (VALADÃO *et al.*, 2009)

No Brasil, na safra 2018/19, foram cultivados 3,04 milhões de hectares com uma produção de 3,13 milhões de toneladas de grãos e uma produtividade de 1.156kg ha⁻¹. A produção brasileira de feijão é representada pelos seguintes Estados com as maiores áreas de cultivo e produção: Bahia, seguido por Paraná, Minas Gerais, Mato Grosso, Goiás e São Paulo, que juntos representam 54,3% da área cultivada no Brasil e 74,5% do total de grãos produzidos (CONAB, 2019).

Tendo em vista a importância que a cultura do feijão tem no âmbito nacional, faz-se necessário o conhecimento sobre as práticas de adubação adotadas por produtores, já que além da fertilidade normal dos solos brasileiros, a adubação e a irrigação exercem papéis importantes, uma vez que, podem contribuir para o aumento da produtividade e para o desenvolvimento da cultura.

2.2 NITROGÊNIO

O nitrogênio (N) é considerado um dos nutrientes requeridos em maior quantidade pelas diversas culturas, em especial as leguminosas anuais produtoras de grãos, em função do ciclo curto de cultivo e altas taxas de exportação deste elemento pelos grãos. O N está presente no solo principalmente em formas orgânicas, em diversos compostos ou radicais da matéria orgânica e em micro-organismos do solo. Apenas, uma pequena parte, do N total do solo se encontra nas formas minerais, as quais são aproveitáveis pelas plantas, como o amônio (NH₄⁺) e o nitrato (NO₃⁻) (RAIJ, 2011).

Pesquisa tem demonstrado, que cerca de 35 kg de nitrogênio são exportados em cada tonelada de feijão produzida (OLIVEIRA *et al.*, 1996). A deficiência desse elemento representa um dos principais fatores limitantes à produtividade (STRALIOTO *et al.*, 2002; OLIVEIRA *et al.*, 2012).

O nitrogênio, por participar da composição dos aminoácidos, desempenha um efeito direto no teor de proteínas de reserva das sementes. O nutriente é absorvido pelas raízes e é incorporado nos esqueletos carbônicos para a produção de aminoácidos, os quais refletem no conteúdo de proteínas que ficam armazenadas nos tecidos vegetais (CARDOSO *et al.*, 2008).

As principais fontes de N para a cultura do feijão, são o solo, por meio da decomposição da matéria orgânica, fertilizantes nitrogenados e a fixação biológica do N₂ atmosférico (FBN), que se dá pela associação do feijoeiro com bactérias do grupo dos rizóbios. No entanto, a planta não é capaz de absorver N em quantidades significativas através da fixação biológica (OLIVEIRA *et al.*, 2012).

O uso de adubos nitrogenados, além de aumentarem o custo econômico de produção do feijoeiro, ainda contribui com custos ecológicos adicionais em solos tropicais, considerando que nestes ambientes ocorrem grandes perdas dos fertilizantes aplicados, em torno de 50%, sendo ocasionadas principalmente por lixiviação ou volatilização (FIGUEIREDO, 2012). Além disso, nesses tipos de solos existem problemas com a acidificação, uma vez que a reação de oxidação do amônio é capaz de gerar acidez quando aplicação de fertilizantes, como sulfato de amônio (NH₄)₂SO₄ e nitrato de amônio NH₄NO₃, sendo esta proporcional à dose aplicada.

Segundo Valadão (2009), a adubação nitrogenada no feijoeiro verificou plantas mais altas e com massa seca da parte aérea 23% superior à massa encontrada na ausência de N mineral. Romanini Júnior *et al.* (2007), também observaram incremento na massa seca da parte aérea e aumento linear na produtividade de grãos na proporção de 3,1 e 3,7 kg de feijão por kg de nitrogênio aplicado, respectivamente.

Para Corsini (2014), a adubação nitrogenada em cobertura no feijoeiro de inverno irrigado em sistema de plantio direto, constatou que às doses de N influenciaram de maneira quadrática nos resultados. No primeiro ano de pesquisa, 2012, houve um aumento na massa de 100 grãos do feijoeiro até a dose de 64,74 kg de N ha⁻¹, o que divergiu de Moreira *et al.* (2013) que avaliou o desempenho

agronômico do feijoeiro irrigado após a adição de doses de nitrogênio, na semeadura e em cobertura, não observaram diferença na massa de 100 grãos. Segundo Soratto *et al.* (2004), a aplicação de N não causa grande variação na massa de 100 grãos.

Diante disso, como o nitrogênio é um nutriente que se perde facilmente por lixiviação, volatilização e desnitrificação, o seu manejo adequado é tido como um dos mais difíceis. Dessa forma, técnicas de manejo que possibilitem a maximização de absorção de nitrogênio pelo feijoeiro são de extrema importância, devido ao alto custo dos fertilizantes nitrogenados e os riscos ambientais relacionados ao seu uso (SANTOS *et al.*, 2008).

2.3 MOLIBDÊNIO

Nas plantas, o Mo participa das reações de transferência de elétrons, sendo considerado elemento essencial para os vegetais em razão, principalmente, da sua relação no metabolismo do nitrogênio, em que atua como cofator das enzimas nitrogenase e nitrato redutase. O Mo, ainda, participa da estrutura da enzima oxidase do sulfato e na formação da proteína Mo-Fe-S (MARTENS e WESTERMANN, 1991).

A redução do N_2 atmosférico à amônia (NH_3) ocorre pelo processo denominado de fixação simbiótica. Esse processo é realizado pela enzima nitrogenase, a qual se constitui de duas proteínas distintas, contendo íons de Mo e de Fe (SALYBURY *et al.*, 1991). Por sua vez, a redução biológica do nitrato (NO_3^-) a nitrito (NO_2^-) é processo catalisado pela enzima nitrato redutase. Logo, esse processo constitui a primeira etapa da incorporação do nitrogênio às proteínas. E o Mo atua nesse complexo enzimático como cofator específico no transporte de elétrons, juntamente com a flavina-adenina-dinucleotídeo e com o citocromo-b, reduzindo o nitrato a nitrito no citoplasma celular (MARSCHNER, 1995).

No feijoeiro, há necessidade de alguns micronutrientes, dentre eles o Mo, torna-se ainda mais importante, já que os mesmos são necessários para que ocorra a fixação biológica do N_2 atmosférico (CAMPO *et al.*, 1998). O Mo é o nutriente essencial exigido em menor quantidade pelas plantas, exceto o níquel. Esse fato obriga, de certa forma, que a sua aplicação seja precedida, sempre, por análises do solo e consulta a tabelas de nível crítico do nutriente no tecido da cultura a ser

explorada. Este procedimento evita a aplicação desnecessária de fertilizantes, o que reduz os custos de produção, eliminando e/ou diminuindo, também, a possibilidade de ocorrência de fitotoxicidade causada pelo excesso do nutriente, que, apesar de pouco comum, pode ser verificada (JACOB NETO *et al.*, 1998).

Os resultados, de alguns trabalhos com a adubação molíbdica constataram que, apesar da importância do Mo para as leguminosas, nem sempre são obtidas respostas positivas à sua aplicação em feijoeiro. Isto tem ocorrido em razão do alto teor de Mo no solo e/ou devido à reserva desse elemento nas sementes (FERREIRA, 2001; JACOB NETO *et al.*, 1998; LEITE, 2004).

Segundo Amane (1994), o molibdênio pode ser fornecido às plantas de três formas: aplicação direta no solo, aplicação foliar e aplicação na semente. Este último, por imersão em solução aquosa ou por peletização. O fornecimento do Mo via tratamento da semente teria, provavelmente, maior eficiência em razão da pequena dose a ser aplicada. Entretanto, em termos gerais, o feijoeiro responde positivamente à aplicação de Mo, o que pode ser confirmado pelos resultados de várias pesquisas realizadas na região da Zona da Mata Mineira e no Cone Sul do Estado de Rondônia (VIEIRA, 1994, AMANE, 1994, MELO FILHO, 2011), reportando incrementos na produção desta cultura em resposta à aplicação desse micronutriente. Estas respostas, em parte, são consequências da deficiência do Mo nos solos dessas regiões, provocadas por cultivos sucessivos com leguminosas, sem a adequada reposição desse elemento, que é removido pelos grãos em quantidades relativamente elevadas (FERREIRA, 2001).

De acordo com Diniz *et al.* (1995), ao comparar adubações nitrogenadas, na semeadura e em cobertura, com doses de Mo fornecidas por pulverizações foliares, constataram que 40 kg de N na semeadura ou 30 kg de N em cobertura igualaram-se a 40 g de Mo, no aumento da produtividade do feijoeiro em até 200%, quando comparado ao tratamento não adubado com esses nutrientes. O mesmo foi constatado por Vieira *et al.* (1994), após obter aumento de 200% na produção de feijão quando foram aplicados 20 g ha⁻¹ de Mo via foliar.

Trabalhos realizado por Melo Filho *et al.* (2011) com várias doses de Mo, observaram que o feijoeiro adubado com 20 g ha⁻¹ apresentou média de massa de 1.000 sementes (240,3 g), cerca de 10,7% superior à das sementes produzidas sem molibdênio (217,0 g). No entanto, Valadão *et al.* (2009), constaram que a massa de

100 grãos do feijoeiro foi afetada pela interação do Mo e N, e que na ausência de Mo, o nitrogênio proporcionou aumento de 14% na massa de 100 grãos.

Pesquisa realizada por Melo Filho *et al.* (2011), no Cone Sul do Estado de Rondônia, com aplicação de doses de Mo em feijoeiro via foliar, apresentaram rendimento de grãos em torno de 1.546 kg ha⁻¹, com a dose estimada de 126 g ha⁻¹ de Mo, ou seja, 66,9% superior ao observado no tratamento controle, mostrando a importância da aplicação desse nutriente para a referida cultura. Oliveira *et al.* (2017), também observaram aumento da produtividade de grãos do feijoeiro com aplicação de Mo. Para Valadão *et al.* (2009) o Mo influenciou somente no número de grãos por vagem, porém, sem influenciar significativamente na produtividade de grãos.

2.4 BACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO DE PLANTAS E FIXAÇÃO BIOLÓGICA DO NITROGÊNIO

As BPCs, correspondem a um grupo de microrganismos benéficos às plantas, devido à capacidade de colonizar a superfície das raízes, rizosfera, filosfera e tecidos internos das plantas (DAVISON, 1988; KLOEPPER *et al.*, 1989).

De acordo com Huergo *et al.* (2008), estas bactérias denominadas diazotróficas podem estimular o crescimento das plantas por vários fatores, sendo a capacidade de fixação de N a mais importante. Destacando-se, nesse grupo, os gêneros *Azospirillum* e *Rhizobium*, conhecidos como promotores de crescimento, apresentam, como principais características, capacidade de fixação biológica de nitrogênio, aumento da atividade da redutase do nitrato quando crescem endofiticamente nas plantas, produção de hormônios como auxinas, citocininas, giberilinas e solubilização de fosfato (RODRIGUEZ *et al.*, 2004; CASSÁN *et al.*, 2009).

As estirpes de *Azospirillum brasilense*, selecionadas e aprovadas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para produção de inoculantes comerciais no Brasil são a Ab-V₅ e Ab-V₆. A exigência legal para inoculantes contendo *brasilense* é dez vezes menor do que para aqueles à base de rizóbio; portanto, 1 × 10⁸ Ufc g⁻¹ ou mL⁻¹ do produto comercial (HUNGRIA *et al.*, 2013).

Existem vários trabalhos confirmando que a bactéria do gênero *Azospirillum*, tem como capacidade principal promover produção de fitohormônios que estimulam

o crescimento das raízes de diversas espécies de plantas, como auxinas, citocininas, giberilinas e etileno (RODRIGUEZ *et al.*, 2004; CASSÁN., 2009), e ainda pode fixar N e disponibilizá-lo ao feijoeiro (GITTI *et al.*, 2012).

As respostas positivas da inoculação com *A. brasilense*, em relação ao desenvolvimento e crescimento das plantas, podem ser atribuídas devido à nodulação precoce, aumento do número de nódulos e uma melhora geral no desenvolvimento do sistema radicular (VOLPIN e KAPULNIK, 1994). Segundo Hungria (2011), o maior desenvolvimento das raízes pela inoculação com *Azospirillum* pode implicar em vários outros efeitos, como incrementos na absorção da água e minerais, maior tolerância a estresses, como salinidade e seca, resultando em uma planta mais vigorosa e produtiva.

Pesquisa realizada por German *et al.* (2000), com inoculação de *Azospirillum* spp no feijoeiro, evidenciou um aumento em torno de 95% no comprimento e 66% no peso fresco de raízes em relação ao tratamento sem inoculação.

Assim, com a co-inoculação do *Azospirillum brasilense* e *Rhizobium* spp, na cultura do feijão, tem-se o intuito de melhorar o desempenho do rizóbio, aumentando a nodulação e o crescimento de plantas, conseqüentemente a eficiência da FBN no feijoeiro (RAMANS *et al.*, 2008; YADEGARI *et al.*, 2010). Ainda Yadegari *et al.* (2010), cultivando feijão comum com a inoculação combinada, obtiveram aumento no teor de proteínas nas sementes, número de vagens, grãos por planta e produtividade de grãos em três cultivares de feijão comum, indicando a eficiência da associação dessas bactérias na fixação de nitrogênio.

Burdman *et al.* (1997), avaliando o efeito de *Azospirillum* e *Rhizobium* sobre a nodulação e crescimento do feijoeiro em laboratório, constataram que a co-inoculação aumentou o número total de nódulos e da fixação de N comparados com a inoculação apenas com *Rhizobium*. Trabalho realizado por Dardanelli *et al.* (2008), estudando a co-inoculação com *A. brasilense* e *R. tropici* em feijoeiro sob estresse salino em hidroponia, confirmaram o efeito positivo da co-inoculação no desenvolvimento radicular do feijoeiro, fixação de nitrogênio, produção de mais sinais flavonoides e alívio dos efeitos negativos causado por NaCl. Além disso, os resultados sugerem que o *Azospirillum* permitiu exsudação mais longa e mais persistente dos flavonoides das raízes de feijão, conferindo maior proteção oxidativa às raízes.

Experimentos com feijoeiro realizados em dois locais e por três anos de cultivo, com a co-inoculação de *R. tropici*, via sementes, e *A. brasilense*, via sulco de semeadura, resultaram em aumento na produtividade de grãos, em média 19,6% em comparação com a população de rizóbios nativos, e 14,7% quando comparado com a inoculação exclusivamente com rizóbios (HUNGRIA *et al.*, 2013). Corsini (2014), avaliando a inoculação de sementes do feijoeiro de inverno com *A. brasilense* e *R. tropici* em dois anos consecutivos, concluiu que a co-inoculação proporcionou às plantas de feijoeiro maior massa de sistema radicular e aumentou no número de vagens, no primeiro ano. No segundo ano de cultivo, a produtividade foi influenciada positivamente pela inoculação com *A. brasilense*.

Meirelles *et al.* (2014), avaliando a co-inoculação de *A. brasilense*+*R. tropici* em feijão irrigado, observaram maior produtividade de grãos no tratamento com uma dose de *R. tropici* via semente + duas doses de *A. brasilense* via aplicação foliar, além de proporcionar maior número e massa de nódulos na raiz principal. Enquanto que para Souza (2015) a co-inoculação das sementes de feijão com duas doses de *R. tropici* e aplicação de três doses de *A. brasilense*, via pulverização, no estádio V₂-V₃, proporcionou ganhos de produtividade de 5% em relação ao tratamento nitrogenado e de 15% em relação ao tratamento com inoculação simples de *R. tropici*.

O feijoeiro, a exemplo de outras leguminosas, apresenta condições de beneficiar-se da associação simbiótica do nitrogênio atmosférico, fixado pelas bactérias do gênero *Rhizobium*, o que pode contribuir especificamente para a redução no uso de fertilizantes nitrogenados (KANEKO *et al.*, 2010). Como em toda simbiose, esse processo acontece em duas vias, onde a planta fornece parte dos fotossintatos para a bactéria, onde serão utilizadas: força redutora e ATP para o sistema nitrogenase e, ATP e esqueletos de carbono para o crescimento das células microbianas (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006) e a bactéria fornece o composto nitrogenado para a planta, a fim de produzir aminoácidos e outras substâncias orgânicas que contêm nitrogênio (RAVEN *et al.*, 2001).

A associação entre planta e bactéria é uma alternativa viável e apresenta grande importância do ponto de vista econômico e ecológico, podendo dispensar total ou parcialmente o uso de fertilizantes nitrogenados industriais, e com isso viabilizar o cultivo das espécies, reduzindo os custos com esse insumo (BARBERI *et al.*, 1998; PEREIRA *et al.*, 1991).

De acordo com Malavolta (1987), o feijoeiro consegue fixar de 20 a 30% do N que necessita através da FBN, podendo contribuir com 20 a 40 kg ha⁻¹ de nitrogênio. Trabalho realizado por Saito (1982) estimou fixação média de 60 kg ha⁻¹ de N que, segundo a autora, representaria de 30 a 50% do N total acumulado pela planta. Enquanto que Romanini Junior. *et al.* (2007), constataram que a inoculação proporcionou, na média de dois anos de cultivo, incremento superior a 17% na produtividade de grãos do feijoeiro cultivado no período de inverno em SPD. Segundo Pereira *et al.* (1991), a inoculação de sementes com estirpes eficientes de bactérias do gênero *Rhizobium* é uma alternativa viável para reduzir os custos de produção e o impacto ambiental com o uso da adubação nitrogenada no feijoeiro.

A inoculação do feijoeiro é uma técnica difundida pela pesquisa, no entanto há ainda hoje certa dificuldade quanto à capacidade do feijoeiro em fixar N₂ em quantidades suficientes para suprir as exigências de produção quando em associação simbiótica (ARAÚJO *et al.*, 2007). Deve-se, contudo, considerar que o sucesso de inoculação do feijoeiro com estirpes de rizóbio com alta eficiência está associado à habilidade de tais estirpes e adaptação às condições ambientais (MERCANTE *et al.*, 2013; STRALIOTO *et al.*, 2002). Segundo Hungria *et al.* (1985), sob condições ambientais adequadas o N₂ atmosférico fixado pela simbiose pode atender a maior parte das necessidades do feijoeiro. Estudos têm demonstrado, que é possível que o feijoeiro se beneficie, em condições de campo do processo de fixação biológico de N₂, podendo alcançar produtividade acima de 2.500 kg ha⁻¹ (HUNGRIA *et al.*, 2000).

Para Hungria *et al.* (2012), a inoculação das sementes de feijoeiro-comum com *R. tropici* aumentou a produtividade da cultura, em média de 98 kg ha⁻¹ (8,3%), enquanto a co-inoculação com *A. brasilense*, no sulco, resultou em incremento médio de 285 kg ha⁻¹ (19,6%). Já para Souza (2015), a co-inoculação das sementes de feijão apresentou-se mais positiva em 5% e 15%, respectivamente, para a produtividade do tratamento nitrogenado e a inoculação simples de *R. tropici*.

Sabe-se que o feijoeiro não é considerado um hospedeiro totalmente eficiente para a FBN, por isso uma dose inicial de N na semeadura pode estimular e melhorar o crescimento das plantas (EMBRAPA, 2012). No entanto, reconhece-se a real necessidade de pesquisas relacionadas ao melhoramento no uso e potencial de bactérias fixadoras de N, auxiliando assim na redução da dependência de

fertilizantes químicos e na necessidade de uma agricultura sustentável (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 EXPERIMENTO EM CAMPO

3.1.1 Área experimental

O trabalho foi realizado em área experimental de pesquisa, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia, *campus* Colorado do Oeste, localizado à BR 435, Km 63, zona rural, no município de Colorado do Oeste, situado no cone sul do Estado de Rondônia. Com latitude 13° 07' 01"S, longitude 60° 20' 20" O e altitude de 399 metros.

O solo do local é um Argissolo Vermelho Eutrófico e clima conforme classificação de Köppen do tipo Awa, tropical quente e úmido, com duas estações bem definidas. A temperatura média anual da região é de 23 °C e precipitação anual em torno de 2.400 mm (SILVA *et al.*, 2017). Durante o cultivo nos dois anos, precipitação pluvial média mensal foi de 197 mm, temperatura média foi de 27 °C e umidade relativa média do ar oscilando em torno de 85%.

As características químicas e físicas do solo foram determinadas antes da instalação dos experimentos, seguindo a metodologia proposta por RAIJ e QUAGGIO (2001).

Tabela 1. Análise química do solo da área experimental na camada de 0,00 a 0,20 m em 2017. Colorado do Oeste (RO).

MACRONUTRIENTES E RESULTADOS COMPLEMENTARES												
Camada	P ⁽¹⁾	MO ⁽²⁾	pH ⁽³⁾	K	Ca	Mg	Al+H	Al	SB ⁽⁴⁾	CTC ⁽⁵⁾	m ⁽⁶⁾	V ⁽⁷⁾
(cm)	mg dm ⁻³	g dm ⁻³		-----mmol _c dm ⁻³ -----							----(%)----	
0-20	5	31	4,4	3,5	20	3	64	3	26,5	90,5	10	29

Nota: ⁽¹⁾ Método da resina; ⁽²⁾ Matéria orgânica; ⁽³⁾ Potencial hidrogeniônico (CaCl₂); ⁽⁴⁾ Soma de bases; ⁽⁵⁾ Capacidade de troca de cátions; ⁽⁶⁾ Saturação por alumínio; ⁽⁷⁾ Saturação por bases.

Fonte: Dados do próprio autor.

Na análise granulométrica, obteve-se o seguinte resultado: 566 g kg⁻¹ de areia, 224 g kg⁻¹ de silte e 210 g kg⁻¹ de argila.

3.1.2 Tratamento e delineamento experimental

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados disposto em esquema fatorial 4x2x2, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos pela combinação da inoculação de sementes (Testemunha sem inoculação, inoculação com *Azospirillum brasilense*, inoculação com *Rhizobium tropici* e coinoculação com *Azospirillum brasilense* + *Rhizobium tropici*), aplicação foliar de molibdênio (sem aplicação e com 126 g ha⁻¹) e fornecimento de nitrogênio em cobertura (sem aplicação e com 30 kg ha⁻¹ de N).

3.1.3 Implantação e condução do experimento

Com base nas características do solo da área experimental empregou-se para correção, visando elevação do pH e saturação por bases, indicados para cultura do feijão. O calcário tipo Filler (PRNT 100%), foi aplicado a lanço 30 dias antes da semeadura na dose de 3,7 t ha⁻¹, aplicados em superfície e incorporados com grade juntamente aos restos de culturas existentes (*Brachiaria*) (Figura 1).

Antes da semeadura, realizou-se a leitura do pH do solo, obtendo-se os resultados de 6,0 em água e 5,1 em cloreto de cálcio.

Figura 1- A- Aplicação a lanço do calcário Filler; **B-** Incorporação do calcário.



Fonte: Dados do próprio autor.

Cada unidade experimental (12,5m²) foi constituída de 5 linhas de 5,0m de comprimento, espaçadas de 0,5m e a área útil correspondente as 3 linhas centrais, desprezando-se 0,5 metros, em ambas as extremidades de cada linha (Figura 2).

Figura 2- Demarcação da área experimental.



Fonte: Dados do próprio autor.

A semeadura foi realizada no dia 21 de abril nos dois anos de cultivo (2017 e 2018), utilizando cultivar do grupo carioca BRS Estilo, foi efetuada manualmente em sulcos, distribuindo-se 12 a 13 sementes por metro, na profundidade de 3 a 4 cm (Figura 3).

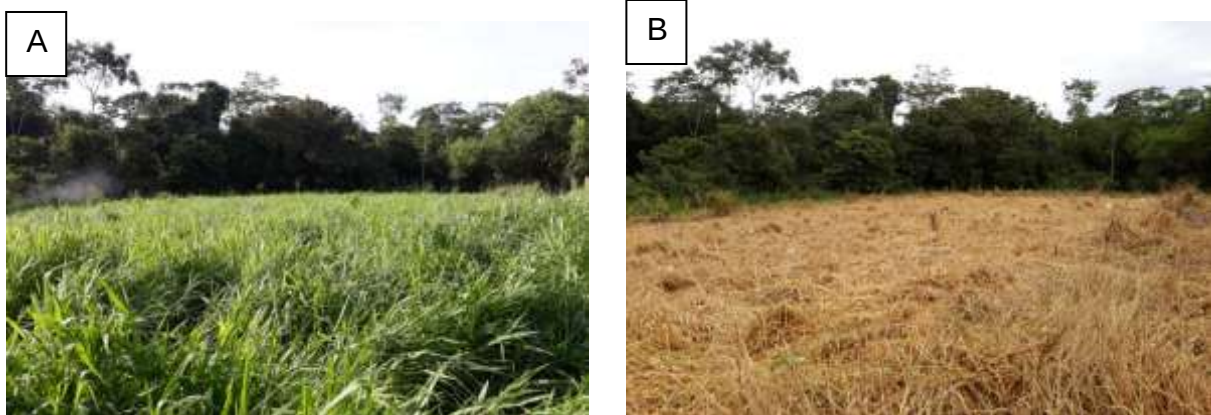
Figura 3. Semeadura do feijão (Campus de Colorado do Oeste, 2017 e 2018)



Fonte: Dados do próprio autor.

No segundo ano de cultivo do feijoeiro, realizado na mesma área, a semeadura foi realizada em sistema de semeadura direta, sobre a palhada de *Urochloa ruziziensis*, cultivada anteriormente ao cultivo e dessecada utilizando o herbicida glyphosate (Figura 4).

Figura 4- **A-** cobertura com *Urochloa ruziziensis*; **B-** dessecação da área experimental.



Fonte: Dados do próprio autor.

Nos dois anos de cultivo, as parcelas receberam anteriormente a semeadura, adubação de base na linha de semeadura equivalente a 10 kg ha^{-1} de nitrogênio (sulfato de amônio), 90 kg ha^{-1} de P_2O_5 (superfosfato triplo) e 20 kg ha^{-1} de K_2O (cloreto de potássio), levando-se em consideração as características químicas do solo e a faixa de produtividade esperada (Figura 5).

Figura 5- Adubação de fundação.



Fonte: Dados do próprio autor.

As sementes, antes da inoculação, receberam tratamento químico com produto contendo uma mistura do inseticida fipronil do grupo pirazol, e os fungicidas piraclostrobina do grupo das estrubirulinas e metil tiofanato do grupo dos benzimidazóis, denominado “Standak Top”, na recomendação de 200 mL p.c. , para cada 100 kg de sementes (Figura 6).

Figura 6- Tratamento químico com inseticida e fungicida no 1º ano (A); e no 2º ano(B).



Fonte: Dados do próprio autor.

A inoculação das sementes foi realizada pouco antes da semeadura, utilizando-se as doses recomendadas de *Azospirillum brasilense* (100 ml do inoculante para cada 25 kg de sementes) e de *Rhizobium tropici* (100 g do inoculante para cada 25 kg de sementes), tanto para os tratamentos com as bactérias isoladas como para a co-inoculação. As estirpes, utilizadas para a inoculação de *Azospirillum brasilense*, foram AbV₅ e AbV₆ com 2×10^8 UFC g⁻¹ e para *Rhizobium tropici* a estirpe SEMIA com 4080×10^8 células viáveis g⁻¹, obtidas de produtos comerciais registrados no Ministério da Agricultura e Pecuária (Figura 7).

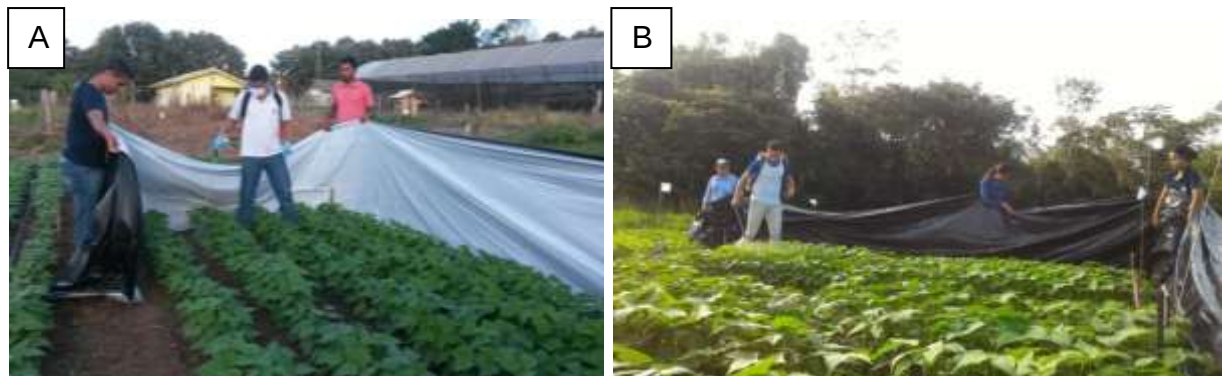
Figura 7- A- preparo das bactérias –inoculação; B- inoculação das bactérias.



Fonte: Dados do próprio autor.

O molibdênio foi fornecido na dose estimada para a região, 126 g ha^{-1} , de acordo com Melo Filho *et al.* (2011), e aplicado via foliar, uma única vez, aos 19 dias após a emergência das plântulas (DAE). Utilizou-se para aplicação um pulverizador costal manual equipado com bico cônico (Figura 8).

Figura 8- Aplicação do molibdênio aos 19 dias após emergência das plântulas 1º ano(A) e no 2º ano (B);



Fonte: Dados do próprio autor.

O nitrogênio em cobertura, 30 kg ha^{-1} , foi fornecido por ocasião da fase de desenvolvimento reprodutivo R_5 (botões florais formados), utilizando-se como fonte de nitrogênio a ureia. A aplicação foi realizada manualmente, distribuindo o fertilizante sob o dossel das plantas na linha de plantas (Figura 9).

Figura 9. Adubação de cobertura com ureia.



Fonte: Dados do próprio autor.

3.1.4 Análise dos teores de N, P, K, Ca²⁺, Mg²⁺ e S

Para análise dos teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre coletou-se folhas de 10 plantas, na área útil das parcelas, na fase de desenvolvimento R₆ (florescimento). As folhas trifolioladas a partir do ápice da planta completamente desenvolvida (Figura 10) foram coletadas lavadas e acondicionadas em sacos de papel devidamente identificados e colocadas para secagem em estufa de ventilação forçada à temperatura média de 65°C, até atingir massa constante. Após a secagem, o material foi moído em moinho tipo Wiley, para em seguida serem submetidas à digestão. N pelo método sulfúrico, e P, K, Ca, Mg e S por digestão com ácido nítrico e perclórico e determinados, conforme metodologia proposta por Malavolta *et al.* (1997).

Figura 10. Coleta de folhas para análise.



Fonte: Dados do próprio autor.

O controle das plantas invasoras, das pragas e doenças foi realizado de acordo com o nível de infestação das mesmas. A aplicação de defensivos, bem como do molibdênio, foi realizada com pulverizador costal, com capacidade para 20 litros. O controle de pragas no cultivo foi feito através de pulverização, com a utilização do inseticida tiametoxam, inseticida sistêmico de contato e ingestão do grupo químico neonicotinóide (125 mL ha⁻¹) (Figura 11).

Figura 11- Controle de pragas.



Fonte: Dados do próprio autor.

Todas as unidades experimentais receberam irrigação complementar por gotejamento com intervalo de turno de rega de 3 dias, a partir do final do período chuvoso. Esse método de irrigação, mesmo não muito recomendado para culturas anuais produtoras de grãos, foi utilizado tendo em vista reduzir problemas fitossanitários que por ventura viesse acometer a cultura durante seu desenvolvimento.

3.1.5 Avaliações na cultura do feijão

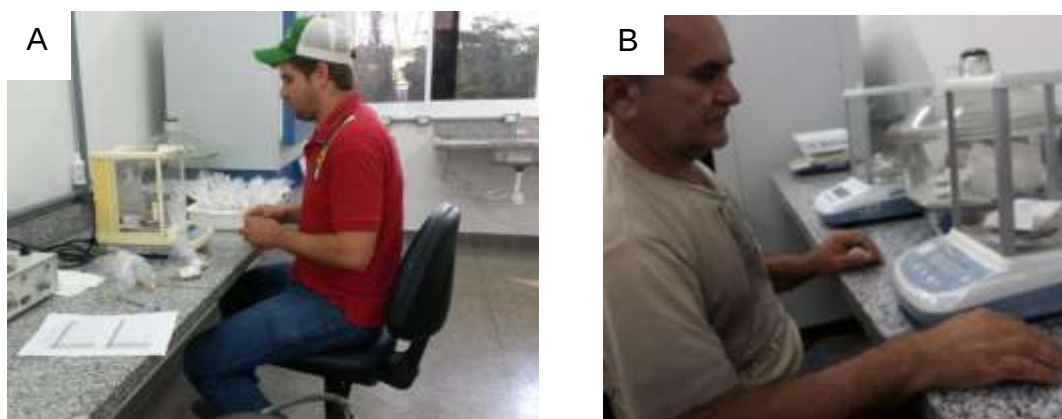
Foram mensuradas características agronômicas e componentes de produção. Foram coletadas, por ocasião da colheita, 10 plantas na área útil de cada parcela, nas quais se determinou: o número de vagens por planta (NVP), por meio da relação do número total de vagens/número de plantas; número médio de grãos por vagem (NGV), calculado por meio da relação do número total de grãos/número total de vagens; massa de 100 grãos (M100), obtido por meio da coleta ao acaso e pesagem de 2 amostras de 100 grãos por parcela corrigido para 16% de umidade (Figura 12 e 13).

Figura 12- A- Contagem do número de vagens e B- contagem do número de grãos.



Fonte: Dados do próprio autor.

Figura 13- Determinação da massa de 100 grãos 1º ano (A) e no 2º ano (B).



Fonte: Dados do próprio autor.

Durante a colheita avaliou-se, em duas linhas, na área útil das parcelas, o número de plantas com o objetivo de se calcular a população final de plantas ha^{-1} (POP).

As plantas da área útil (6m^2), de cada parcela, foram arrancadas e deixadas para secagem a pleno sol. Após a secagem, as mesmas foram submetidas à trilha manual, os grãos foram pesados e os dados transformados em kg ha^{-1} (16 % base úmida) (Figura 14).

Figura 14- Trilha manual do feijão



Fonte: Dados do próprio autor.

3.1.6 Análise estatística dos dados

Os dados foram submetidos à análise de variância, sendo as médias dos diferentes tratamentos comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade, utilizando-se o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2000).

3.2 EXPERIMENTO EM VASO

3.2.1 Área experimental

O experimento foi desenvolvido em vaso em condições não controladas, em área experimental de pesquisa do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Rondônia, *campus* de Colorado do Oeste, situado no Cone Sul do Estado de Rondônia. Com latitude 13° 07' 01"S, longitude 60° 20' 20" O e altitude de 399 metros.

Foram utilizados vasos com capacidade de 20 litros de solo, com os mesmos tratamentos e repetições descritos para o experimento em campo. Como substrato, foi utilizado o solo da camada arável do local do experimento em campo descrito anteriormente.

3.2.2 Tratamentos e delineamento experimental

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados disposto em um esquema fatorial 4x2x2, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos pela combinação da inoculação de sementes (Testemunha sem inoculação,

inoculação com *Azospirillum brasilense*, inoculação com *Rhizobium tropici* e coinoculação com *Azospirillum brasilense* + *Rhizobium tropici*), aplicação foliar de molibdênio (sem aplicação e com de 126 g ha^{-1}) e fornecimento de nitrogênio em cobertura (sem aplicação e com 30 kg ha^{-1} de N).

3.2.3 Implantação e condução do experimento

O experimento em vasos foi instalado no ano de 2018. A semeadura foi efetuada manualmente, no dia 21 de abril, utilizando cultivar do grupo carioca BRS Estilo, distribuindo-se 06 sementes por vasos, na profundidade de 3 a 4 cm. Após 05 dias da emergência das plântulas, foi feito desbaste deixando apenas três plantas por vaso.

Anteriormente a semeadura, os vasos receberam adubação de base equivalente a 10 kg ha^{-1} de nitrogênio (sulfato de amônio), 90 kg ha^{-1} de P_2O_5 (superfossato triplo) e 20 kg ha^{-1} de K_2O (cloreto de potássio), levando-se em consideração as características químicas do solo (Figura 12).

Figura 15 – A - Adubação de semeadura; B - Após a germinação e desbaste.



Fonte: Dados do próprio autor.

As sementes, antes da inoculação, receberam tratamento químico com produto contendo uma mistura do inseticida fipronil do grupo pirazol, e os fungicidas piraclostrobina do grupo das estrubirulinas e metil tiofanato do grupo dos benzimidazois, denominador “Standak Top”, na recomendação de 200 mL p.c. , para cada 100 kg de sementes.

A inoculação das sementes foi realizada pouco antes da semeadura, utilizando-se as doses recomendadas, de *Azospirillum brasilense* (100 g ou ml do

inoculante para cada 25 kg de sementes) e de *Rhizobium tropici* (100 g do inoculante para cada 25 kg de sementes), tanto para os tratamentos com as bactérias isoladas como para a co-inoculação. As estirpes, utilizadas para a inoculação de *Azospirillum brasilense*, foram AbV₅ e AbV₆ com 2×10^8 UFC g⁻¹ e para *Rhizobium tropici* a estirpe SEMIA com 4080×10^8 células viáveis g⁻¹, obtidas de produtos comerciais registrados no Ministério da Agricultura e Pecuária.

O molibdênio foi fornecido na dose estimada para a região, 126 g ha⁻¹, de acordo com Melo Filho *et al.* (2011) e aplicado via foliar, uma única vez, aos 19 dias após a emergência das plântulas (DAE). Utilizou-se para aplicação um pulverizador costal manual equipado com bico cônico.

O nitrogênio em cobertura, 30 kg ha⁻¹, foi fornecido por ocasião da fase de desenvolvimento reprodutivo R₅ (botões florais formados), utilizando-se como fonte de nitrogênio a ureia. A aplicação foi realizada, manualmente, distribuindo o fertilizante em cada vaso (Figura 16).

Figura 16- A- Pré-floração-R5; B- Adubação de cobertura com N.



Fonte: Dados do próprio autor.

O controle das pragas e doenças foi realizado de acordo com o nível de infestação das mesmas. A aplicação de defensivos bem como do molibdênio, foi realizada com pulverizador costal, com capacidade para 20 litros. O controle de pragas no cultivo foi feito através de pulverização, com a utilização do inseticida tiametoxam, inseticida sistêmico de contato e ingestão do grupo químico neonicotinóide (125 mL ha⁻¹).

Todos os vasos receberam irrigação por gotejamento. Esse método de irrigação, mesmo não muito recomendado para culturas anuais produtoras de

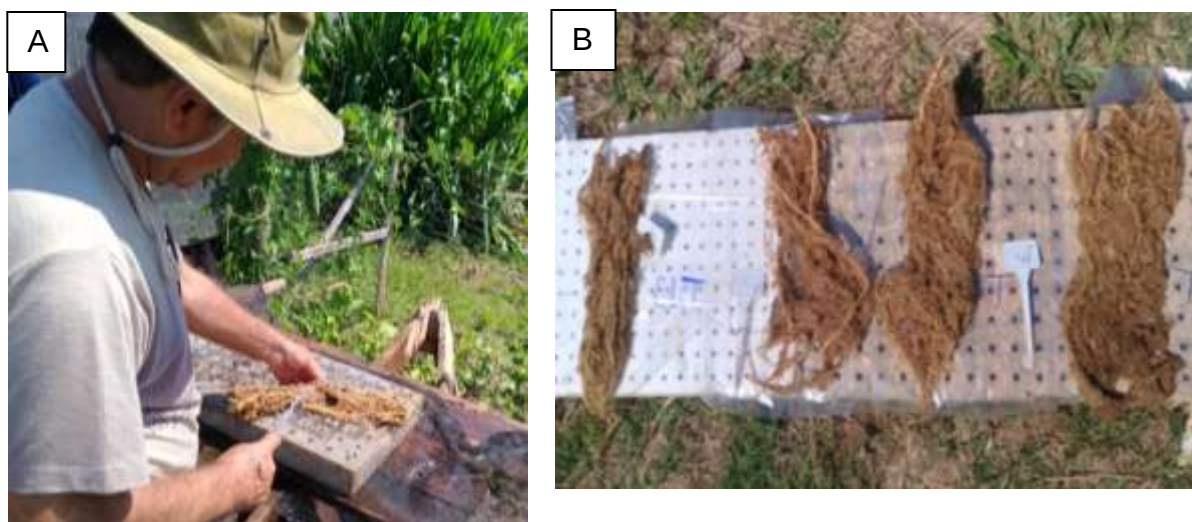
grãos, foi utilizado tendo em vista reduzir problemas fitossanitários que por ventura viesse acometer a cultura durante seu desenvolvimento.

3.2.4 Avaliações na cultura do feijão

Durante o período de desenvolvimento e florescimento da cultura, foram realizadas as seguintes avaliações:

a) Massa seca de parte aérea e raízes: foi determinada pela separação da parte aérea e raízes das plantas dos vasos na ocasião de florescimento pleno das plantas (Figura 17). As partes das plantas foram acondicionadas em sacos de papel, devidamente identificadas e levadas ao laboratório e submetidas à secagem em estufa de ventilação forçada à temperatura média de 60-70° C até atingir massa em equilíbrio. Posteriormente, as amostras foram pesadas e os valores convertidos em g por planta.

Figura 17-A- Lavagem do sistema radicular; **B -** Sistema radicular após lavagem.



Fonte: Dados do próprio autor.

3.2.5 Análise estatística dos dados

Os dados foram submetidos à análise de variância, sendo as médias dos diferentes tratamentos comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade, utilizando-se o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2000).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 EXPERIMENTO EM VASO

Para massa seca da parte aérea e massa seca do sistema radicular, não foi verificado efeitos da inoculação e co-inoculação de sementes do feijoeiro (Tabela 2). Este resultado, assemelha ao estudo conduzido por Romanini Júnior *et al.* (2007). Pesquisa conduzida por Corsini (2014), avaliando o uso do inoculantes (*R. tropici* e *A. brasilense*) não verificou diferenças para a massa seca foliar (MSF) em relação a inoculação e co-inoculação de sementes do feijoeiro em dois anos de condução do experimento.

Adubação nitrogenada resultou, no ano de 2018, o aumento na massa seca do sistema radicular com o uso do N na semeadura. Isso confirma, que adubação nitrogenada é facilmente absorvida pelo sistema radicular do feijoeiro, melhorando seu crescimento e acúmulo de massa seca (Tabela 2). Romanini Júnior *et al.* (2007), também observaram incremento na massa seca da parte aérea de feijoeiro com o uso do N mineral.

Tabela 2. Massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca do sistema radicular (MSSR) em feijoeiro de outono e inverno em função da inoculação de sementes, aplicação foliar de molibdênio e nitrogênio em cobertura. Colorado do Oeste (RO), 2018.

TRATAMENTOS	Massa Seca da Parte	Massa Seca do Sistema
	Aérea	radicular
	g planta ⁻¹	g planta ⁻¹
	2018	
Inoculação		
Testemunha	13,61	8,38
<i>A. brasilense</i>	14,15	9,21
<i>R. tropici</i>	13,08	9,05
<i>A. brasilense</i> + <i>R. tropici</i>	13,64	9,15
Molibdênio		
Sem	13,50	8,91
Com	13,74	8,98
Nitrogênio		

Sem	13,51	8,55b
Com	14,08	9,35 ^a
CV (%)	21,60	17,07
Teste F		
I	0,35	1,00
Mo	0,10	00,3
N	1,60	4,35*
I x Mo	4,13*	4,44*
I x N	0,49	1,58*
Mo x N	0,55	0,00
I x Mo x N	1,31	2,61

Nota: *,** = significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste de Tukey, respectivamente; ns = não significativo.

Fonte: Dados do próprio autor.

O desdobramento da interação entre inoculação de sementes do feijoeiro e aplicação de 126g ha⁻¹ de Mo, via foliar, constatou o efeito expressivo do Mo na ordem de 27% na massa seca da parte aérea e 18% na massa seca do sistema radicular no feijoeiro quando comparado ao tratamento testemunha (Tabela 3).

Tabela 3. Desdobramento da interação entre inoculação de sementes e molibdênio via foliar na parte aérea e no sistema radicular no feijoeiro de outono-inverno cultivado em condições amazônicas. Colorado do Oeste (RO), 2018.

Inoculação de sementes	Molibdênio Foliar	
	Sem	Com
Massa seca da parte aérea (g planta ⁻¹)		
Testemunha	11,48aB	15,74aA
<i>Azospirillum brasilense</i>	14,49aA	13,81abA
<i>Rhizobium tropici</i>	14,53aA	11,63bA
<i>Azospirillum</i> + <i>Rhizobium</i>	13,49aA	13,79abA
Massa seca do Sistema Radicular (g planta ⁻¹)		
Testemunha	7,56bB	9,20aA
<i>Azospirillum brasilense</i>	9,00abA	9,39aA
<i>Rhizobium tropici</i>	10,15aA	7,96aB
<i>Azospirillum</i> + <i>Rhizobium</i>	8,93abA	9,38aA

Nota: Médias seguidas de mesma letra, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Dados do próprio autor.

Com relação ao desdobramento entre a interação da inoculação da bactéria *Rhizobium tropici* nas sementes do feijoeiro e a adubação nitrogenada, verificou-se efeito do N expressivo na ordem de 16% na massa seca do sistema radicular. Com este resultado, fica evidente, que sem inoculação é fundamental a adubação nitrogenada em cobertura. Entretanto, a adubação com N é aplicada em quantidades elevadas pode inibir a fixação biológica de N atmosférico pelas bactérias diazotróficas que, por sua vez, podem utilizar o N mineral aplicado para a nutrição da planta em seu metabolismo (Tabela 4).

Tabela 4. Desdobramento da interação entre inoculação de sementes e nitrogênio em cobertura para massa seca do sistema radicular no feijoeiro de outono inverno cultivado em condições amazônicas. Colorado do Oeste (RO), 2018.

Inoculação de sementes	Nitrogênio em Cobertura	
	Sem	Com
	Massa seca Sistema Radicular (g planta ⁻¹)	
Testemunha	7,69aB	9,07aA
<i>Azospirillum brasilense</i>	9,49aA	8,93aA
<i>Rhizobium tropici</i>	8,27aB	9,84aA
<i>Azospirillum</i> + <i>Rhizobium</i>	8,75aA	9,56aA

Nota: Médias seguidas de mesma letra, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Dados do próprio autor.

4.2 EXPERIMENTO EM CAMPO

A ausência ou presença de nitrogênio em cobertura não influenciou o teor de nitrogênio na parte aérea da planta, nos dois anos de estudos (Tabela 5), este resultado corrobora com Ferreira (2000). Para Adell *et al.* (*apud* ROMANINI JUNIOR, 2007), isso pode ser justificado em função das plantas adubadas com nitrogênio apresentarem mais altas e com maior quantidade de massa seca em relação aquelas que não o receberam, tendo, portanto, teor de nitrogênio orgânico semelhante, explicado pelo efeito de diluição.

O teor de nitrogênio avaliado por ocasião do florescimento na parte aérea das plantas, não foi influenciado pela inoculação das sementes do feijoeiro, nos dois anos de estudos (Tabela 5). Resultado este, também comprovado por Gilabel (2018), que constatou que o uso de inoculantes (*R. tropici* e *A. brasilense*) nas

sementes de feijão e fornecimento de N em casa de vegetação, não influenciou nos teores de N entre os tratamentos com uso de inoculantes, contudo, observou maior teor de N foliar ao utilizar 60 kg ha⁻¹ N em cobertura e sem inoculação e o menor número de nódulos neste tratamento, evidenciando que o nitrogênio prejudica no estabelecimento dos nódulos. Dados estes, também coerentes com os obtidos por Romanini Junior *et al.* (2007) e Kaneko *et al.* (2010).

Com relação aos teores de N, P e K foliar do feijoeiro (Tabela 5), ao analisar os tratamentos pôde-se observar que os teores foliares, de modo geral, encontram-se acima do nível considerado crítico, N: 30 a 50 g kg⁻¹, P: 2,0 a 3,0 g kg⁻¹ nos dois anos de cultivo e K: 20,0 a 25,0 g kg⁻¹, no 2º anos de cultivo, de acordo com Malavolta *et al.* (1997).

Foi evidenciado maior acúmulo de N no tecido foliar com fornecimento de Mo, no ano de 2017 (Tabela 5). Este resultado corrobora com Pires *et al.* (2005), que avaliando a influência de épocas e parcelamento da aplicação de 80 g ha⁻¹ de Mo via foliar no feijoeiro, constataram que a aplicação de 50% da dose, aos 15 dias após a emergência, e os outros 50%, aos 20 DAE, promoveu o maior teor de N total na massa seca das plantas (4,19g kg⁻¹). Estes autores verificaram também que a dose de 80 g ha⁻¹ de Mo, em uma única aplicação aos 30 DAE das plantas, proporcionou maior acúmulo do nutriente nas folhas (16g kg⁻¹). Valadão *et al.* (2009), também constataram efeito positivo da combinação de inoculação de sementes do feijoeiro e Mo no incremento de nitrogênio na parte aérea das plantas do feijoeiro.

O molibdênio tem papel fundamental no metabolismo do nitrogênio, bem como na fixação simbiótica desse nutriente (FIGUEIREDO *et al.*, 2016). Isso se dá, pois, o Mo é constituinte de três enzimas associadas à nutrição nitrogenada da planta: nitrogenase, redutase do nitrato e desidrogenase da xantina.

O teor de P foliar foi influenciado pela inoculação de sementes no feijoeiro de forma isolada, no ano de 2018 (Tabela 5). Esse resultado diverge de Corsini (2014), em que o teor P foliar não foi influenciado pela inoculação de sementes e nem também pelas doses de N nos dois anos de estudo.

Não houve efeito dos tratamentos (bactérias) e Mo por efeito isolado sobre o teor de K foliar no feijoeiro. Somente houve efeito da dose de N em cobertura, no primeiro ano de estudo (Tabela 5). Resultado esse que assemelha aos obtidos por Corsini (2014), exceto para a dose de N.

Tabela 5. Teores de Nitrogênio, Fósforo e Potássio nas folhas do feijoeiro de inverno em função da inoculação de sementes, aplicação foliar de molibdênio e nitrogênio em cobertura. Colorado do Oeste (RO), 2017 e 2018.

TRATAMENTOS	Nitrogênio g kg ⁻¹		Fósforo g kg ⁻¹		Potássio g kg ⁻¹	
	2017	2018	2017	2018	2017	2018
Inoculação						
Testemunha	38,67	44,99	5,05	5,12b	17,42	22,21
<i>A. brasilense</i>	38,30	44,28	4,94	5,25ab	16,65	23,29
<i>R. tropici</i>	39,83	44,94	5,16	5,39ab	18,29	21,71
<i>A. brasilense</i> + <i>R. tropici</i>	39,65	45,55	5,25	5,59 ^a	17,45	21,49
Molibdênio						
Sem	36,86b	44,41	5,15	5,36	17,22	22,80
Com	41,37a	45,47	5,04	5,31	17,68	21,55
Nitrogênio						
Sem	38,52	44,91	5,14	5,37	18,10a	22,16
Com	39,71	44,97	5,05	5,30	16,80b	22,19
CV (%)	6,61	4,41	10,51	6,07	12,45	11,25
Teste F						
I	0,99 ^{ns}	0,83 ^{ns}	0,75 ^{ns}	4,57 [*]	1,13 ^{ns}	1,23 ^{ns}
Mo	36,53 [*]	3,45 ^{ns}	0,52 ^{ns}	0,24 ^{ns}	0,52 ^{ns}	2,97 ^{ns}
N	2,56 ^{ns}	0,009 ^{ns}	0,32 ^{ns}	0,71 ^{ns}	4,32 [*]	0,00 ^{ns}
I x Mo	1,17 ^{ns}	0,53 ^{ns}	0,17 ^{ns}	4,17 ^{ns}	0,71 ^{ns}	0,19 ^{ns}
I x N	1,81 ^{ns}	1,01 ^{ns}	2,12 ^{ns}	2,98 ^{ns}	0,39 ^{ns}	6,19 ^{ns}
Mo x N	2,28 ^{ns}	0,40 ^{ns}	0,38 ^{ns}	3,01 ^{ns}	1,00 ^{ns}	0,16 ^{ns}
I x Mo x N	0,19 ^{ns}	0,59 ^{ns}	0,04 ^{ns}	1,27 ^{ns}	0,68 ^{ns}	2,98 ^{ns}

Nota: *** = significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste de Tukey, respectivamente; ns = não significativo.

Fonte: Dados do próprio autor.

O teor de Ca foliar, no primeiro ano de estudo (2017), foi influenciado pela inoculação das sementes do feijoeiro de forma isolada e também pela aplicação foliar de molibdênio e dose de nitrogênio em cobertura, no segundo ano da pesquisa em 2018 (Tabela 6). Esse resultado, diverge dos dados obtidos por Corsini (2014). Para os teores de cálcio foliar, não houve diferença significativa no experimento desenvolvido, em 2012, já, em 2013, houve interação entre a inoculação de sementes e doses de nitrogênio. Podemos observar que os valores encontrados

para Ca, no 2º ano estão acima do nível considerado crítico 8,0 a 30,0 (Malavolta *et al*, 1997).

Nos dois anos de estudos, não houve efeito dos tratamentos sobre o teor de Mg foliar (Tabela 6). No entanto, pode observar que, no 2º ano, houve um aumento no teor do elemento. Pôde-se ainda observar que o teor foliar encontra-se acima do nível considerado crítico 2,5 a 7,0 g kg⁻¹ (Malavolta *et al*, 1997). Resultado este que assemelha-se com Corsini (2014), em sua pesquisa com inoculação em sementes do feijoeiro, com exceção a resposta isolada para doses de nitrogênio.

No segundo ano de pesquisa, o teor foliar de S foi influenciado pela inoculação de sementes do feijoeiro de forma isolada e pela dose de N em cobertura (Tabela 6). Resultado que diverge quando comprovado com Corsini (2014), quando avaliou a inoculação (*R. tropici* e *A. brasilense*) e co-inoculação de sementes do feijoeiro.

Tabela 6. Teores de Cálcio, Magnésio e Enxofre nas folhas do feijoeiro de inverno em função da inoculação de sementes, aplicação foliar de molibdênio e nitrogênio em cobertura. Colorado do Oeste (RO), 2017 e 2018.

TRATAMENTOS	Cálcio g kg ⁻¹		Magnésio g kg ⁻¹		Enxofre g kg ⁻¹	
	2017	2018	2017	2018	2017	2018
Inoculação						
Testemunha	7,87a	12,10	2,55	2,67	2,09	2,25b
<i>A. brasilense</i>	6,65ab	11,95	2,59	2,91	1,99	2,44ab
<i>R. tropici</i>	7,19b	12,09	2,50	2,89	2,10	2,57 ^a
<i>A. brasilense</i> + <i>R. tropici</i>	6,91ab	11,74	2,50	2,87	2,15	2,34ab
Molibdênio						
Sem	7,26	12,33a	2,47	2,84	2,07	2,41
Com	7,08	11,61b	2,60	2,83	2,10	2,39
Nitrogênio						
Sem	7,22	12,33a	2,50	2,85	2,05	2,30b
Com	7,07	11,61b	2,57	2,82	2,12	2,50 ^a
CV (%)	12,26	9,85	13,26	11,96	8,62	9,85
Teste F						
I	4,03 [*]	0,24 ^{ns}	0,19 ^{ns}	1,28 ^{ns}	1,81 ^{ns}	3,98 [*]
Mo	0,26 ^{ns}	4,42 [*]	1,54 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,23 ^{ns}	0,13 ^{ns}
N	0,33 ^{ns}	4,53 [*]	0,41 ^{ns}	0,08 ^{ns}	1,64 ^{ns}	9,29 [*]

Sem	246.927	203.697	8,0 b	15,69	35,34	70,36
Com	245.938	206.354	9,2 a	16,01	39,40	71,86
CV (%)	9,8	5,42	25,3	14,73	28,68	16,08
Teste F						
I	2,18 ^{ns}	0,19 ^{ns}	0,47 ^{ns}	1,08 ^{ns}	0,72 ^{ns}	0,93 ^{ns}
Mo	0,001 ^{ns}	1,14 ^{ns}	1,32 ^{ns}	0,26 ^{ns}	1,24 ^{ns}	0,10 ^{ns}
N	0,03 ^{ns}	0,91 ^{ns}	4,38*	0,30 ^{ns}	2,29 ^{ns}	0,27 ^{ns}
I x Mo	0,61 ^{ns}	0,38 ^{ns}	0,56 ^{ns}	0,70 ^{ns}	0,90 ^{ns}	0,54 ^{ns}
I x N	1,17*	0,99 ^{ns}	1,48*	0,62 ^{ns}	1,41 ^{ns}	1,37 ^{ns}
Mo x N	1,29 ^{ns}	0,003 ^{ns}	3,91*	0,07 ^{ns}	1,50 ^{ns}	0,02 ^{ns}
I x Mo x N	0,05 ^{ns}	3,11 ^{ns}	1,33 ^{ns}	1,06 ^{ns}	1,04 ^{ns}	1,53 ^{ns}

Nota: Médias seguidas por mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. *,** = significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste de Tukey, respectivamente. ns = não significativo. CV = coeficiente de variação.

Fonte: Dados do próprio autor.

Para a população de plantas, em dados absolutos, destacou-se o efeito do *Azospirillum brasilense*, em relação ao uso da *Rhizobium tropici*, no primeiro ano da pesquisa. Tal resultado, pode ser atribuído ao efeito hormonal que a *Azospirillum brasilense* tem no crescimento inicial das plantas, o que pode aumentar o estabelecimento de plântulas no campo (Tabela 7). Segundo Hungria (2011), o maior desenvolvimento das raízes pela inoculação com *Azospirillum* pode implicar em vários outros efeitos. Na literatura constam relatos de incrementos na absorção da água e minerais, maior tolerância a estresses como salinidade e seca, resultando em uma planta mais vigorosa e produtiva.

Para o número de vagens por planta (NVP), houve efeito significativo do N em cobertura de forma isolada (Tabela 7), bem como das interações, adubação nitrogenada com a inoculação de sementes e com uso do Mo foliar somente no ano de 2017. Assim, como para a população de plantas, sem a adubação nitrogenada em cobertura não houve efeito da inoculação (Tabela 8).

Tabela 8. Desdobramento da interação entre inoculação de sementes e nitrogênio em cobertura para população final de plantas e o número de vagem por planta no feijoeiro de inverno cultivado em condições amazônicas. Colorado do Oeste (RO), 2017.

Inoculação de sementes	Nitrogênio em cobertura	
	0 kg ha ⁻¹	30 kg ha ⁻¹

	População final de plantas (plantas ha ⁻¹)	
	0 kg ha ⁻¹	30 kg ha ⁻¹
Testemunha	244.583 aA	235.625 abA
<i>Azospirillum brasilense</i>	250.833 aA	266.250 aA
<i>Rhizobium tropici</i>	246.250 aA	232.708 bA
<i>Azospirillum</i> + <i>Rhizobium</i>	246.042 aA	249.167 abA
	Número de vagens planta ⁻¹	
	0 kg ha ⁻¹	30 kg ha ⁻¹
Testemunha	7,5 aB	9,7 aA
<i>Azospirillum brasilense</i>	6,9 aB	9,3 aA
<i>Rhizobium tropici</i>	9,0 aA	9,0 aA
<i>Azospirillum</i> + <i>Rhizobium</i>	8,7 aA	8,7 aA

Nota: Médias seguidas de mesma letra, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Dados do próprio autor.

A aplicação de 30 kg ha⁻¹ de N em cobertura, sem inoculação constata-se o efeito expressivo do N no aumento do número de vagens por planta (Tabela 8). E esse mesmo efeito também ocorreu quando da inoculação do feijão com *Azospirillum brasilense*, ou seja, o nitrogênio potencializa os efeitos dessa bactéria no pegamento de vagens (Tabela 8). Segundo Silva *et al.* (2009), os acréscimos de vagens por planta, com o incremento de doses de N aplicadas em cobertura, podem ocorrer como consequência da maior altura de plantas e maior emissão de ramificações de nós reprodutivos. Silva *et al.* (2009), ainda, verificaram efeito isolado da inoculação de rizóbio nas sementes aumentando o número de vagens por planta, na ausência da aplicação de N. E também na ausência de inoculação, a aplicação de N incrementou o número de vagens por planta até a dose máxima calculada de 105 kg ha⁻¹, o que difere do presente trabalho.

Com relação ao Mo aplicação foliar (Tabela 9), sem adubação nitrogenada não há efeito no NVP, porém com 30 kg ha⁻¹ de N houve o efeito significativo, fato este que pode ser atribuído ao nível adequado de matéria orgânica no solo (3,1%) (Tabela 1), que é fonte primária de Mo para as plantas. Esse resultado fica mais evidente no tratamento sem o uso de Mo foliar, onde se verifica que com 30 kg ha⁻¹ de N em cobertura houve aumento significativo do NVP, indicando que o teor de matéria orgânica do solo foi, provavelmente, o suficiente no fornecimento de Mo para o feijoeiro de inverno. Resultado esse que difere dos obtidos por Melo Filho *et al.* (2011), que trabalharam com várias doses de Mo e constataram que o número de vagens por planta foi influenciado pelas doses de molibdênio, em que a maior

produção de vagens por planta (13,5) foi obtida com a dose estimada de 60 g ha⁻¹ de Mo. Essa produção, foi cerca de 12,9% superior àquela obtida sem a adubação molíbdica.

Tabela 9. Desdobramento da interação entre adubação molíbdica foliar e nitrogênio em cobertura para número de vagens por planta em feijão de inverno cultivado em condições amazônicas. Colorado do Oeste (RO), 2017.

Molibdênio foliar	Nitrogênio em Cobertura	
	0 kg ha ⁻¹	30 kg ha ⁻¹
	Número de vagens	
0 g ha ⁻¹	7,8 aB	10,0 aA
126 g ha ⁻¹	8,3 aA	8,3 bA

Nota: Médias seguidas de mesma letra, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Dados do próprio autor.

Não houve efeito isolado da inoculação da semente do feijoeiro, Mo e N sobre o número de grãos por planta (NGP) (Tabela 7). O número de grãos por vagem (NGV) e a massa de 100 grãos também não foram influenciados pelos tratamentos (Tabela 10). Estes resultados corroboram, com o estudo de Valadão *et al.* (2009), que não constataram efeito da inoculação de sementes para essas variáveis. Corsini (2012) verificou efeito, com inoculação de sementes de feijoeiro, isolado sobre número de vagem por planta e o número de grãos sob os efeitos isolado e combinado entre inoculação e doses de nitrogênio.

Tabela 10. Número de grãos vagem⁻¹ (NGV), massa de 100 grãos (M100) e produtividade do feijão (PROD) de inverno em função da inoculação de sementes, aplicação foliar de molibdênio e nitrogênio em cobertura. Colorado do Oeste (RO), 2017 e 2018.

TRATAMENTOS	Grãos vagem ⁻¹ (NGV)		Massa de 100 grãos (g) (M100)		Produtividade (kg ha ⁻¹) (PROD.)	
	2017	2018	2017	2018	2017	2018
Inoculação						
Testemunha	4,4	4,4	34,0	33,07	2.712	2.960
<i>A. brasilense</i>	4,2	4,5	33,3	33,68	2.741	3.102

<i>R. tropici</i>	4,4	4,5	33,6	32,78	2.699	3.183
<i>A. brasilense</i> + <i>R. tropici</i>	4,3	4,4	33,4	33,35	2.780	3.165
Molibdênio						
0 g ha ⁻¹	4,3	4,5	33,3	32,94b	2.669	3.093
126 g ha ⁻¹	4,3	4,4	33,9	33,50a	2.799	3.112
Nitrogênio						
0 kg ha ⁻¹	4,4	4,4	33,7	33,27	2.579 b	3.082
30 kg ha ⁻¹	4,3	4,5	33,5	33,17	2.889 a	3.123
CV%	10,1	9,03	5,2	3,68	9,9	17,38
Teste F						
I	0,94 ^{ns}	0,75 ^{ns}	0,43 ^{ns}	1,59 ^{ns}	0,29 ^{ns}	0,56 ^{ns}
Mo	0,03 ^{ns}	1,96 ^{ns}	2,36 ^{ns}	3,44 [*]	3,7 ^{ns}	0,01 ^{ns}
N	1,25 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,11 ^{ns}	21,26 ^{**}	0,09 ^{ns}
I x Mo	1,34 ^{ns}	0,22 ^{ns}	0,89 ^{ns}	1,01 ^{ns}	0,14 ^{ns}	1,38 ^{ns}
I x N	0,35 ^{ns}	0,23 ^{ns}	1,27 ^{ns}	0,42 ^{ns}	3,86 [*]	0,36 ^{ns}
Mo x N	0,02 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,006 ^{ns}	0,21 ^{ns}	0,95 ^{ns}	0,002 ^{ns}
I x Mo x N	0,29 ^{ns}	1,28 ^{ns}	0,89 ^{ns}	0,75 ^{ns}	1,88 ^{ns}	1,05 ^{ns}

Nota: Médias seguidas por mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. *,** = significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste de Tukey, respectivamente. ns = não significativo. CV = coeficiente de variação.

Fonte: Dados do próprio autor.

A massa de 100 grãos foi influenciada apenas pelo Mo, no 2º ano de estudo (Tabela 10). Este resultado corrobora com Melo Filho *et al.* (2011), que trabalhando com doses de Mo constataram que o feijoeiro adubado com 20 g ha⁻¹ de Mo apresentou média de massa de 1.000 sementes (240,3 g), cerca de 10,7% superior à das sementes produzidas sem molibdênio (217,0 g). Valadão *et al.* (2009), constataram que a massa de 100 grãos do feijoeiro foi afetada pela interação do Mo e N e que na ausência de Mo, o nitrogênio proporcionou aumento de 14% na massa de 100 grãos do feijoeiro.

Não houve efeito isolado da inoculação de semente do feijoeiro e do Mo para o parâmetro produtividade. Porém, as produtividades médias para os tratamentos com inoculação, nos dois anos de estudo, foram de 2.733 kg ha⁻¹ (2017) e 3.103 kg ha⁻¹ (2018), muito superior à média nacional de 1.156 kg ha⁻¹ (CONAB, 2019), com rendimentos médios de grãos na ordem de 57,7% e 62,7%, superiores, respectivamente. Sendo superior também, ao encontrado por Valadão *et al.* (2009) e Corsini (2014), nos dois anos de estudo. Também se constatou efeito isolado do

nitrogênio e combinado com a inoculação, ambos no 1º ano. Com N foi maior (Tabela 10).

Tabela 11. Desdobramento da interação entre inoculação de sementes e nitrogênio em cobertura para a produtividade do feijão de inverno cultivado em condições amazônicas. Colorado do Oeste (RO), 2017.

Inoculação de sementes	Nitrogênio em cobertura	
	0 kg ha ⁻¹	30 kg ha ⁻¹
	Produtividade (kg ha ⁻¹)	
Testemunha	2.534 aB	2.890 aA
<i>Azospirillum brasilense</i>	2.444 aB	3.045 aA
<i>Rhizobium tropici</i>	2.536 aB	2.862 aA
<i>Azospirillum</i> + <i>Rhizobium</i>	2.801 aA	2.760 aA

Nota: Médias seguidas de mesma letra, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Dados do próprio autor.

No desdobramento da interação, IxN verifica-se que a inoculação das sementes não apresentou variação na resposta da cultura na ausência ou presença de N em cobertura (Tabela 11). Entretanto, com adubação nitrogenada houve aumento da produtividade de grãos no tratamento sem inoculação e quando da inoculação isolada com *Azospirillum brasilense* ou *Rhizobium tropici*, efeito observado somente no primeiro ano de estudo (Tabela 11). Com este resultado, fica evidente, que sem inoculação é fundamental a adubação nitrogenada em cobertura. Enquanto, com a inoculação, o N em cobertura na dose de 30 kg ha⁻¹ potencializou o efeito das bactérias na produtividade de grãos. Já a inoculação conjunta não foi eficiente por uma possível competição das bactérias na rizosfera do feijoeiro (Tabela 11). Kaneko *et al.* (2010), verificaram diferenças significativas na produtividade de grãos no feijoeiro de inverno somente entre os tratamentos com N em cobertura nos dois anos de cultivo.

5. CONCLUSÃO

A inoculação das sementes de feijão de inverno com *Azospirillum brasilense* garante a população de plantas, número de vagens por planta e produtividade de grãos quando associada a 30 kg ha⁻¹ de N em cobertura.

A adubação nitrogenada em cobertura é determinante no aumento de produtividade do feijão de inverno, independentemente, se as sementes são inoculadas com bactérias diazotróficas, ou com a aplicação de Mo foliar.

Sem o uso de adubação nitrogenada em cobertura é necessário a aplicação foliar de Mo para o aumento de produtividade de feijão de inverno.

REFERÊNCIAS

- AMANE, M.I.V.; VIEIRA, C.; CARDOSO, A. A.; ARAÚJO, G.A.A. Respostas de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) às adubações nitrogenada e molíbdica. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 41, n. 234, p. 202–216, 1994.
- ARAÚJO, F.F.; CARMONA, F.G.; TIRITAN, C.S.; CRESTE, J.E. Fixação biológica de N₂ no feijoeiro submetido a dosagens de inoculante e tratamento químico na semente comparado à adubação nitrogenada. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 29, p. 535-540, 2007.
- ARF, M.V.; BUZETTI, S.; ARF, O.; KAPPES, C.; FERREIRA, J.P.; GITTI, D.C.; YAMAMOTO, C.J.T. Fontes e épocas de aplicação de nitrogênio em feijoeiro de inverno sob sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 3, p. 430-438, 2011.
- BARBERI, A.; CARNEIRO, M.A.C.; MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. Nodulação em leguminosas florestais em viveiros no sul de Minas Gerais. **Revista Cerne**, Lavras, v.4, n.1, p.145-153, 1998.
- BURDMAN, S.; KIGEL, J.; OKON, Y. Effects of *Azospirillum brasilense* on nodulation and growth of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Soil Biology & Biochemistry**, California, v. 29, n. 5/6, p. 923-929, 1997.
- BURDMAN, S.; VOLPIN, H.; KIGEL, J.; KAPULNIK, Y.; OKON, Y. Promotion of nod Gene Inducers and Nodulation in Common Bean (*Phaseolus vulgaris*) Roots inoculated with *Azospirillum brasilense* Cd. Applied and environmental microbiology, **American Society for Microbiology**, Washington, v. 62, n. 8, p. 3030-303, 1996.
- CAMPO, J. R.; LANTMANN, A. F. Efeitos de micronutrientes na fixação biológica do nitrogênio e produtividade da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, 1998.
- CARDOSO, E.D.; BINOTTI, F.F.S.; NOGUEIRA, D.C.; HAGA, K.I.; SÁ, M.E.; ARF, O. Inoculação e manejo do nitrogênio em feijoeiro no sistema plantio direto – III. qualidade química de sementes. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 9., 2008, Campinas. **Resumos** [...] Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 2008. p. 1451-1454.
- CASSÁN, F.; PERRIG, D.; Sgroy, V.; Masciarelli, O.; Penna, C.; Lunna, V. Corrigendum to *Azospirillum brasilense* Az39 and *Bradyrhizobium japonicum* E109, inoculated singly or in combination, promote seed germination and early seedling growth in corn (*Zea mays* L.) and soybean (*Glycine max* L.). **European Journal of Soil Biology**, Braunschweig, v. 45, n. 1, p. 28–35, 2009.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Acompanhamento de safra brasileira de grãos, sétimo levantamento, abril/2019**. Brasília, DF: CONAB, 2019. v. 6. 119 p. (Safra 2018/19, n. 7).

CORSINI, D.C.D.C. **Inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* e *Rhizobium tropici* e adubação nitrogenada em cobertura em feijoeiro de inverno irrigado em sistema plantio direto**. 2014. 77 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Produção) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Ilha Solteira, 2014.

DARDANELLI, M.S.; FERNANDEZ DE CÓRDOBA, F.J.; ESPUNY, M.R.; CARVAJAL, M.A.R.; DÍAZ, M.E.S.; SERRANO, A.M.G.; OKON, Y.; MEGÍAS, M. Effect of *Azospirillum brasilense* coinoculated with *Rhizobium* on *Phaseolus vulgaris* flavonoids and Nod factor production under salt stress. **Soil Biology & Biochemistry**, California, v. 40, n. 11, p. 2713-2721. 2008.

DAVISON, J. Plant beneficial bacteria. **Bio/Technology**, New York, v.6, n.1, p.282-286, 1988.

DINIZ, A.R.; ANDRADE, M.J.B. de; BUENO, L.C. de S.; CARVALHO, J.G. de. Resposta da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) à aplicação de nitrogênio (semeadura e cobertura) e de molibdênio foliar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25.; 1995, Viçosa, MG. **Anais** [...] Viçosa: UFV, 1995. v.3, 1225-1227p.

FERREIA, D.F. Análise estatísticas por meio do SISVAR (Sistema para Análise de Variância) para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45 São Carlos, 2000. **Anais** [...] São Carlos: Universidade Federal de São Carlos, 2000. p.255-258.

FERREIRA, A.C. de B. **Nutrição e produtividade do feijoeiro em função do molibdênio contido na semente e da sua aplicação via foliar**. 2001. 53 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2001.

FIGUEIREDO, M. A. de. **Inoculação com *Rizobium spp* e adubações nitrogenada e molíbdica no feijoeiro-comum**. 2012. 99 f. Dssertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras - UFLA, Lavras, 2012.

FIGUEIREDO, M. A. D.; OLIVEIRA, D. P.; SOARES, B. L.; MORAIS, A. R. D.; MOREIRA, F. M. D. S.; ANDRADE, M. J. B. D. Nitrogen and molybdenum fertilization and inoculation of common bean with *Rhizobium spp*. in two oxisols. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 38, n. 1, p. 85-92, 2016.

GERMAN, M. A.; BURDMAN, S.; OKON, Y.; KIGEL, J. Effects of *Azospirillum brasilense* on root morphology of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under different water regimes. **Biology and Fertility of Soil**, Berlin, v. 32, n. 3, p. 259-264, 2000.

GILABEL, A.P. Co-inoculação de *Rhizobium* e *Azospirillum* e adubação nitrogenada na cultura do feijão comum. Botucatu, SP: UNESP, 2018. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Ciências Agronômica, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2018.

GITTI,D.C.; ARF,O.; KANEKO,F.H.; RODRIGUES,R.A. F.; BUZETTI, S.; PORTUGAL, J. R.; CORSINI,D.C.D.C. Inoculação de *Azospirillum brasilense* em cultivares de feijões cultivados no inverno. **Revista Agrarian**, Dourados, v. 5, n. 15, p. 36-46, 2012.

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. Regulation of nitrogen fixation in *Azospirillum brasilense*. In: CASSÁN, F. D.; GARCIA DE SALAMONE, I. **Azospirillum sp.**: cell physiology, plant interactions and agronomic research in Argentina: Asociación Argentina de Microbiología, 2008. p. 17-35.

HUNGRIA, M. **Inoculação com *Azospirillum brasiliense***: inovação em rendimento a baixo custo / Londrina: Embrapa Soja, 2011. 36p. (Documentos / Embrapa Soja, ISSN 1516-781X; n. 325)

HUNGRIA, M.; ANDRADE,D.S.; CHUEIRE, L.O.; PROBANZA.; GUTIERREZ-MAÑERO,F.J.;MEGLAS,M. Isolation and characterization of new eficiente and competitive bean (*Phaseolus vulgaris* L.) rhizobia from Brazil. **Soil Biol. Biochem.**, Amsterdam, v. 1, n.32, p. 1515-1528, 2000.

HUNGRIA, M.; NOGUEIRA,M.A.; ARAUJO,R.S. Testes de eficiência agrônômica da tecnologia de coinoculação de rizóbios e *Azospirillum* em soja e feijoeiro. In: ANAIS DA XVI REUNIÃO DA REDE DE LABORATÓRIOS PARA RECOMENDAÇÃO, PADRONIZAÇÃO E DIFUSÃO DE TECNOLOGIA DE INOCULANTES MICROBIANOS DE INTERESSE AGRÍCOLA (RELARE). 2012, Londrina. **Resumos** [...] Londrina: [s. n.], 2012.

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 Sciences**, Ixtacuaco, v.6, n. 6, p.811-817. 2015.

HUNGRIA,M.; NEVES,M.C.P.; VISTORIA,R.L. Assimilação do nitrogênio pelo feijoeiro; II. Absorção e translocação do N mineral e do N₂ fixado. **Revista Brasileira Ciências do Solo**, Viçosa, MG, v. 9, n. 1, p. 202-209, 1985.

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.1, p.791-801. 2013.

JACOB NETO,J.; ROSSETO,C.A.V. Concentração de nutrientes nas sementes: o papel do molibdênio. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 5, n. 1, p. 171-183,1998.

KANEKO,F.H.; ARF,O.; GITTI,D. de C.; ARF,M.V.; FERREIRA,J.P.; BUZETTI, S. Mecanismos de abertura de sulcos, inoculação e adubação nitrogenada em feijoeiro em sistema plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 1, p. 125-133, 2010.

KLOEPPER, J.W.; LIFSHITZ, R.; ZABLOTOWICZ, R.M. Free-living bacterial inocula for enhancing crop productivity. **Trends in Biotechnology**, Cambridge, v. 7, n. 2, p.39-43, 1989.

LEITE, U.T. **Produção e qualidade de sementes de feijão enriquecidas com molibdênio**. 2004. Dissertação (Doutorado em Fitotécnica)- Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2004.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 2006. 638 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação estado nutricional das plantas, princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2.ed. New York: Academic Press, 1995. 889 p.

MARTENS, D.C.; WESTERMANN, D.T. Fertilizers applications for correcting micronutrient deficiencies. In: MORTVEDT, J. J.; COX, F. R.; SHUMAN, L. M.; WELCH, R. M. (ed.). **Fertilizers applications for correcting micronutrient deficiencies**: micronutrients in agriculture. 2. ed. Madison: Soil Science Society of American Journal, Madison, 1991. 549-592 p.

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, 11, 2014, Londrina. **Anais [...]** Londrina: [s. n.], 2014.

MELO FILHO, L.C. de; CAMARGO, S.L. ; LEITE, U.T.; LIMA, A.A. Adubação molíbdica em feijoeiro no cone sul de Rondônia. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 17, n. 2-4, p. 228-233, 2011.

MERCANTE, F.M.; TEIXEIRA, M.G.; ABBOUD, C.S.; FRANCO, A.A. Avanços biotecnológicos na cultura do feijoeiro sob condições simbióticas. **Revista Brasileira Ciências da Vida**, Sete Lagoas, v. 21, n.1/2, p.127-146, 2013.

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

MOREIRA, F.M.de S.; SILVA, K da.; ABRAHÃO, R.S. ; CARVALHO, N.F. de. Bactérias diazotróficas associativas: diversidade, ecologia e potencial de aplicações. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v. 1, n. 1, p. 74-99, 2010.

OLIVEIRA, G.H.C.; FERREIRA, E. P. de B.; OLIVEIRA JÚNIOR, M. J. de.; ESTEVES, R. L. **Produtividade de linhagens de feijoeiro comum sob inoculação com bactérias fixadoras de N e adubação nitrogenada**. [S. l.]: Embrapa Arroz e Feijão, 2012. 46 p. (Documentos, n. 275)

OLIVEIRA, I.P. de; 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. 169-221p.

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

PIRES, A. A.; DE ANDRADE ARAÚJO, G. A.; LEITE, U. T.; ZAMPIROLI, P. D.; RIBEIRO, J. M. O.; MEIRELES, R. C. Parcelamento e época de aplicação foliar do molibdênio na composição mineral das folhas do feijoeiro. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 27, n. 1, p. 25-31, 2005.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. 2.ed. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2011. 420p.

RAIJ, B. V; QUAGGIO, J.A., **Métodos de análises de solo para fins de fertilidade**. Campinas: IAC, 2001. 1-31p. (Boletim Técnico, 81).

RAVEN, P.H.; EVERT, R.F.; EICHHORN, S.E. A composição molecular das células vegetais. In: RAVEN, P.H.; EVER, T.R.F.; EICHHORN, S.E. (org.). **Biologia vegetal**. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001. 17-39p.

REMANS, R.; RAMAEKERS, L.; SCHELKENS, S.; HERNANDEZ, G.; GARCIA, A.; REYES, J.L.; MENDEZ, N.; TOSCANO, V.; MULLING, M.; GALVEZ, L.; VANDERLEYDEN, J. 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**, Ottawa, v. 312, n. 1, p. 25-37, 2008.

RODRIGUEZ, H.; GONZALEZ, T.; GOIRE, I.; BASHAN, Y. Gluconic acid production and phosphate solubilization by the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum* spp. **Naturwissenschaften**, Dukhan, v. 9, n. 1, p. 552-555, 2004.

ROMANINI JUNIOR, A.; ARF, O.; BINOTTI, F.F.S.; SÁ, M.E.; BUZETTI, S.; FERNANDES, F.A. 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.

ROMANINI JUNIOR, A.; ARF, O.; BINOTTI, F.F.S.; SÁ, M.E.; BUZETTI, S.; FERNANDES, F.A. Avaliação da inoculação de rizóbio e adubação nitrogenada no desenvolvimento do feijoeiro, sob sistema plantio direto. In: ADELL, J.J.C.; MONERAT, P.H.; ROSA, R.C. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 23 n. 4, p.74-82, 2007.

SAITO, S.M.T. Avaliação em campo da capacidade de fixação simbiótica de estirpes de *Rhizobium phaesoli*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 17, n.1, p. 999-1006, 1982.

SALYSBURY, F.B.; ROOS, C.W. **Plant physiology**. 4.ed. California: Wadsworth Publishing Company, 1991. 682 p.

SANTOS, H.P.; SPERA, S.T.; TOMM, G.O.; KOCHANN, R.A.; ÁVILA, A. Efeito de sistemas de manejo de solo e de rotação de culturas na fertilidade do solo, após vinte anos. **Bragantia**, Campinas, v.67, n. 2, p. 441-454, 2008.

SILVA, E.F.; MARCHETTI, M. E.; DE SOUZA, L.C.F.; MERCANTE, F. M.; RODRIGUES, E. T.; VITORINO, A. C. T. Inoculação do feijoeiro com *Rhizobium tropici* associada à exsudato de *Mimosa flocculosa* com diferentes doses de nitrogênio. **Bragantia**, Viçosa, MG, v. 68, n. 2, p. 443-451, 2009.

SILVA, M. J. G.; QUERINO, C. A. S.; SANTOS NETO, L. A.; COSTA SILVA, D.; SARAIVA, F. A. M. Análise de tendência nas variáveis meteorológicas de Porto Velho Rondônia. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, Recife, v. 2, n. 4, p. 474-481, 2017.

SORATTO, R. P. **Resposta do feijoeiro ao preparo do solo, manejo da água e parcelamento da adubação nitrogenada**. 2002. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2002.

SOUZA, J.E.B. **Co-inoculação de *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense* no feijoeiro- comum visando aumento de produtividade e redução de custo de produção**. 2015. 85 f. Dissertação (Mestrado em Solo e Água) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015.

STRALIOTTO, R.; TEIXEIRA, M. G.; MERCANTE, F. M. Fixação biológica de nitrogênio. In: AIDAR, H.; KLUTHCOSKI, J.; STONE, L. F. **Produção de feijoeiro comum em várzeas tropicais. Santo Antônio de Goiás**. Goiania: Embrapa Arroz e Feijão, 2002. 122-153. p.

STRALIOTTO, R. **A importância da inoculação com rizóbio na cultura do feijoeiro**. [S. l.: s. n.], 2008. Disponível em: <http://culturaorganica.blogspot.com.br/2008/10/importancia-da-inoculacao-com-rizbio-na.html>. Acesso em: 16 ago. 2018.

TARSITANO, M.A. A.; SANT'ANA, A. L.; TARSITANO, R. A. **Aspectos sociais e econômicos da produção de feijão**. Aspectos gerais da cultura do feijão *Phaseolus vulgaris* L. Botucatu: FEPAF, 2015. 433p

VALADÃO, F.C. A de.; JAKELAITIS, A.; CONUS, L.A.; BORCHARTT, L.; OLIVEIRA, A. A de.; VALADÃO JUNIOR, D.D. Inoculação das sementes e adubações nitrogenada e molíbdica do feijoeiro-comum, em Rolim de Moura, RO. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 39, n. 1, p. 741-748, 2009.

VIEIRA, R. F.; PAULA JÚNIOR, T.J.; PRADO, A.; ARAÚJO, R. F.; LEHNER, M.S.; SILVA, R. A. A aplicação foliar de molibdênio na fase de enchimento de vagens do feijão-comum pode reduzir a qualidade da semente. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 62, n. 4, p. 415-419, 2015.

VIEIRA,R.D.; CARVALHO,N.M. **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP,1994. 164 p.

VOLPIN,H.; Y.KAPULNIK. Interaction of *Azospirillum* with beneficial soil microorganisms, p.111–118. *In*: Y. OKON (ed.). *Azospirillum/plant associations*. Boca Press, 1994.

YADEGARI,M.; RAHMANI,H.A.; NOORMOHAMMADI,G.; AYNEBAND,A. Plant growth promoting rhizobacteria increase growth, yield and nitrogen fixation in *Phaseolus vulgaris*. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 33, n. 12, p.1733-1743, 2010.