



BRUNO EWERTON DA SILVEIRA CARDILLO

**COMPATIBILIDADE DE FUNGICIDA VIA
SEMENTE E FIXAÇÃO SIMBIÓTICA EM
FEIJOEIRO-COMUM**

**LAVRAS-MG
2015**

BRUNO EWERTON DA SILVEIRA CARDILLO

**COMPATIBILIDADE DE FUNGICIDA VIA SEMENTE E FIXAÇÃO
SIMBIÓTICA EM FEIJOEIRO-COMUM**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para obtenção do título de Mestre.

Orientador

Dr. Messias José Bastos de Andrade

Coorientadores

Dra. Fatima Maria de Souza Moreira

Dr. Bruno Lima Soares

**LAVRAS – MG
2015**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha
Catalográfica da Biblioteca Universitária da UFLA, com dados informados
pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Cardillo, Bruno Ewerton da Silveira.

Compatibilidade de fungicida via semente e fixação simbiótica em feijoeiro-comum / Bruno Ewerton da Silveira Cardillo. – Lavras : UFLA, 2015.

122 p. : il.

Dissertação (mestrado acadêmico)–Universidade Federal de Lavras, 2015.

Orientador(a): Messias José Bastos de Andrade.

Bibliografia.

1. *Phaseolus vulgaris*. 2. Tratamento de sementes. 3. Rizóbio. 4. Inoculação. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

BRUNO EWERTON DA SILVEIRA CARDILLO

**COMPATIBILIDADE DE FUNGICIDA VIA SEMENTE E FIXAÇÃO
SIMBIÓTICA EM FEIJOEIRO-COMUM**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 31 de julho de 2015.

Dra. Fatima Maria de Souza Moreira	UFLA
Dra. Ligiane Aparecida Florentino	UNIFENAS
Dr. Alex Teixeira Andrade	EPAMIG

Dr. Messias José Bastos de Andrade

Orientador

**LAVRAS – MG
2015**

A Deus, por iluminar meu caminho em todos os momentos da minha vida.

Aos meus amores, minha mãe Suzimara Lêda Silveira Cardillo (in memoriam), que em toda sua vida acreditou, confiou e esteve ao meu lado; tudo que sou hoje devo a ela, a estrela da minha vida, e a meu pai Marco Antonio Cardillo, pelo apoio, carinho, amor e compreensão.

A minha irmã Cristhiane e meu cunhado Eduardo, pelo carinho, compreensão e apoio. A Elisa pelo amor e companheirismo, paciência e incentivo. E aos meus amigos e familiares, por acreditarem na minha conquista,

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A meus pais Suzimara (*in memoriam*) e Marco, minha irmã Cristhiane, meu cunhado Eduardo, meu amor Elisa, minhas tias Cremilda e Clevanir, meus tios João e Julierme e meus primos Adriano, Juliano, Fernando e Fabiano pelos incentivos e apoio em todos os momentos.

Ao professor e amigo Dr. Messias José Bastos de Andrade, pela oportunidade, confiança, ensinamentos e paciência no decorrer do curso.

À professora Fátima Maria de Souza Moreira, por ceder materiais e o local no Laboratório de Microbiologia do Solo para realização dos trabalhos.

Ao professor Dr. Renato Guimarães pela ajuda, ensinamentos e concessão do Laboratório de Análises de Sementes da UFLA (LAS), para realização dos experimentos.

Ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia pela oportunidade e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de estudos para execução deste trabalho.

Aos amigos Fábio Aurélio, Bruno Lima, Antônio Henrique e Geraldo Candido, pelo companheirismo, confiança, apoio e ensinamentos. Sempre estiveram ao meu lado em todos os momentos, como irmãos.

Aos colegas de equipe Geraldo Gontijo, Laís, Renan, Gustavo, Éverton e Fernando, pela cooperação e ajuda.

Aos funcionários do Departamento de Agricultura Marli, Mário (Manguinha), Júlio, Adriano, Ezequiel e Edézio, e da Fazenda Experimental de Lambari, Gil, Clodoaldo, pela ajuda em todos os trabalhos.

Aos funcionários do Laboratório de Análises de Sementes da UFLA (LAS), Geraldo e Antonio, pelas dicas e ajuda na condução dos experimentos.

Aos colegas de república Lucas e Gabriel, pelo convívio, amizade e apoio durante todo curso.

A todos que contribuíram da alguma forma para realização deste trabalho.

*“Assim como o lutador, o guerreiro da luz
conhece sua imensa força; e jamais luta
com quem não merece a honra do
combate.”*

Paulo Coelho

RESUMO

O tratamento fungicida de sementes é importante estratégia para o controle dos principais fitopatógenos na cultura do feijoeiro-comum, entretanto, há relatos de que pode prejudicar a fixação biológica de N (FBN). O objetivo do estudo foi verificar se o tratamento de sementes com fungicidas interfere na eficiência simbiótica da estirpe CIAT 899^T inoculada via semente e via sulco de semeadura e na qualidade das sementes tratadas. Foram conduzidos três experimentos de campo: Lavras, safra seca/2014, em delineamento estatístico de blocos ao acaso com três repetições e esquema fatorial (5x3)+1; e Lavras e Lambari, safra inverno/2014, em blocos ao acaso com três repetições e esquema fatorial 6x4. Os tratamentos fungicidas foram: 1. Captana, 2. Carboxina + tiram, 3. Difenconazol, 4. Fluazinam + tiofanato-metílico e 5. Fludioxonil + metalaxil-M e no primeiro experimento o tratamento adicional foi a testemunha sem fungicida. Nos demais experimentos a testemunha fez parte do fatorial. No primeiro houve três níveis de inoculação com a estirpe CIAT 899^T de *Rhizobium tropici* (sem inoculação, inoculação via sementes e inoculação via sulco) e, nos demais, adicionou-se outro nível de inoculação (sem inoculação, adubado com 80 kg ha⁻¹ N). Cada parcela experimental teve 6 linhas de 4 m, espaçadas de 0,60 m, com a cultivar BRS MG Madrepérola. Também foram realizados ensaios em laboratório para determinação da qualidade fisiológica e sanitária das sementes empregadas e avaliação da sobrevivência das estirpes em contato direto com os fungicidas. Concluiu-se que os tratamentos fungicidas de semente não interferem na nodulação, no crescimento e no rendimento de grãos do feijoeiro e também não prejudicam a germinação e a emergência das sementes. Os fungicidas Difenconazol e Captana promoveram alta mortalidade *in vitro* das bactérias inoculadas (estirpe CIAT 899^T) nas sementes. Os fungicidas Carboxina + tiram e Fluazinam + tiofanato metílico mostraram diminuição do vigor das sementes. A adubação com 40 kg ha⁻¹ de nitrogênio na semeadura diminuiu a nodulação e o estande de plantas, mas promove maiores teor e acúmulo de nitrogênio nas plantas e nos grãos. As bactérias nativas do solo mostram eficiência equivalente à da estirpe inoculada CIAT 899^T, via sulco e via semente, em termos de nodulação, crescimento, nutrição nitrogenada e rendimento de grãos. O ambiente tem grande influência na nodulação, no teor e acúmulo de nitrogênio, no rendimento de grãos e na ocorrência de doenças do feijoeiro.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris* L., tratamento de sementes, rizóbio, inoculação.

ABSTRACT

Seed treatment with fungicide is an important strategy for controlling the main pathogens of the common bean culture. However, there are reports concerning its damage to biological nitrogen fixation (BNF). The aim of the study was to determine whether seed treatment with fungicides interferes with the symbiotic effectiveness of the CIAT 899^T strain, inoculated via seed and sowing groove, as well as the quality of treated seeds. Three field experiments were conducted: in Lavras, dry/2014 crop in a randomized blocks statistical design with three replicates and a (5x3) + 1 factorial scheme, and in Lavras and Lambari, winter/2014 crop in a randomized blocks design with three replicates and a 6x4 factorial scheme. The fungicides treatments were: 1. Captan, 2. Carboxin + thiram 3. Difenoconazole, 4. Fluazinam + thiophanate-methyl and 5. Fludioxonil + metalaxyl-M, and the first experiment, additional treatment was witness, with no fungicide. In the other experiments, the witness was part of the factor. At first, we used three inoculation levels of CIAT 899^T *Rhizobium tropici* strain (no inoculation, inoculation via seeds and inoculated via groove). Subsequently, we added another level of inoculation (no inoculation, fertilized with 80 kg ha⁻¹ N). Each experimental plot had six lines of 4 m, spaced in 0.60 m, with BRS MG Madrepérola. Laboratory tests were also conducted to determine the physiological and sanitary quality of the seeds used, assessing the survival of strains in direct contact with the fungicides. We concluded that seed treatments with fungicide do not interfere in nodulation, growth and yield of bean grains, also not affecting germination and seed emergence. The Difenoconazole and Captan fungicides promoted high *in vitro* mortality of inoculated bacteria (strain CIAT 899^T) in seeds. The Carboxin + thiran and Fluazinam + thiophanate methyl fungicides showed decreased seed vigor. Fertilization with 40 kg ha⁻¹ of nitrogen at sowing decreased nodulation and plant stands, but promotes higher nitrogen content and accumulation in plants and grains. The native soil bacteria shows equivalent efficiency to the CIAT 899^T strain inoculated via groove and via seed in terms of nodulation, growth, nitrogen nutrition and grain yield. The environment has great influence over nodulation, nitrogen content and accumulation, the grain yield and over occurrence of bean diseases.

Keywords: *Phaseolus vulgaris* L., seed treatment, rhizobia, inoculation.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Variação mensal de temperatura máxima, média compensada e mínima e da precipitação pluvial de 1 de Fevereiro a 31 de Maio de 2014, para Lavras-MG.43
- Figura 2. Variação mensal da temperatura máxima, média compensada e mínima e da precipitação pluvial de 1 de Julho a 31 de Outubro de 2014 para Lambari (São Lourenço-Lambari) e Lavras-MG.50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Descrição do ingrediente ativo, grupo químico, patógeno alvo (doença) e as doses recomendadas dos fungicidas no estudo.....	34
Tabela 2	Resultado da análise química e física de amostra de solo retirada na camada de 0 a 20 cm de profundidade, antes da implantação do experimento e altitude e coordenadas geográficas do local, Lavras-MG, 2014.	42
Tabela 3	Resultados das análises química e física de amostra de solo retirada da camada de 0 a 20 cm de profundidade, antes da implantação dos experimentos, altitude e coordenadas geográficas dos locais, Lambari e Lavras-MG, 2014.	49
Tabela 4	Resumo da análise de variância (Quadrados Médios) dos dados referentes a plântulas normais (PN), plântulas anormais (PA) e sementes mortas (SM), cv. BRS MG Madrepérola, submetido a cinco tratamentos de sementes com fungicidas e um não tratado em diferentes temperaturas de germinação, Lavras, 2015.	53
Tabela 5	Valores médios referentes a plântulas normais (PN), plântulas anormais (PA) e sementes mortas (SM), cv. BRS MG Madrepérola, submetido a cinco tratamentos de sementes com fungicidas e um não tratado em diferentes temperaturas de germinação, Lavras, 2015.....	54
Tabela 6	Valores médios referentes à PA (%) da interação obtida entre tratamentos e temperatura, Lavras, 2015.....	56

Tabela 7	Resumo da análise de variância (Quadrados Médios) dos dados referentes à emergência total canteiro (EC), índice de velocidade de emergência (IVE), teor de água nas sementes (TA), sementes viáveis e vigorosas (SVV), sementes viáveis (SV) e sementes inviáveis (IM) e plântulas saudias (PSa), cv. BRS MG Madrepérola, submetido a cinco tratamentos de sementes com fungicidas e um não tratado, Lavras, 2015.	56
Tabela 8	Valores médios referentes à emergência total canteiro (EC), índice de velocidade de emergência (IVE), teor de água nas sementes (TA), sementes viáveis e vigorosas (SVV), sementes viáveis (SV), sementes inviáveis ou mortas (IM) e plântulas saudias (PSa), cv. BRS MG Madrepérola, submetidos a cinco tratamentos de sementes com fungicidas e um não tratado, Lavras, 2015.	57
Tabela 9	Resumo da análise de variância (Graus de liberdade e Quadrado Médio) dos dados referentes à UFC (Unidade formadora de colônias) sementes ⁻¹ , submetido a cinco tratamentos de sementes com fungicidas, um não tratado, e inoculadas com a estirpe CIAT 899 ^T , Lavras, 2015.	61
Tabela 10	Valores médios referentes a Unidades Formadoras de Colônias sementes ⁻¹ (UFC), estirpe CIAT 899 ^T , obtidas por contagem direta em placa de Petri, Lavras, 2015.	62
Tabela 11	Resumo da análise de variância (Quadrados Médios) dos dados referentes ao número (NN) e massa seca de nódulos (MSN), matéria seca da parte aérea (MSPA), eficiência relativa (ER) e teor (TNPA) e acúmulo de nitrogênio na parte aérea (ANPA), obtido no florescimento, cultivar BRS MG Madrepérola, Lavras, 2014.....	66
Tabela 12	Valores médios referentes ao número (NN) e massa seca de nódulos (MSN), matéria seca da parte aérea (MSPA), eficiência relativa (ER) e teor (TNPA) e acúmulo de nitrogênio na parte aérea (ANPA) obtidos no florescimento, cultivar BRS MG Madrepérola, Lavras, 2014.....	67

Tabela 13	Resumo da análise de variância (Quadrados Médios) e graus de liberdade (GL) dos dados referentes a estande final (EF), vagem por planta (V/P), grãos por vagem (G/V), peso de cem grãos (PCG), rendimento de grãos (RG) e teor (TNG) e acúmulo de nitrogênio nos grãos (ANG), obtidos na maturação, cultivar BRS MG Madrepérola, Lavras, 2014.....	71
Tabela 14	Valores médios de estande final (EF), vagem por planta (V/P), grãos por vagem (G/V), peso de cem grãos (PCG), rendimento de grãos de feijão (RG) e teor (TNG) e acúmulo de nitrogênio nos grãos (ANG), obtidos na maturação, cultivar BRS MG Madrepérola, Lavras, 2014.....	74
Tabela 15	Resumo da análise de variância (Quadrados Médios) dos dados referentes a número de nódulos (NN), massa seca de nódulos (MSN), massa seca da parte aérea (MSPA), eficiência relativa (ER) e teor (TNPA) e acúmulo de nitrogênio na parte aérea (ANPA), obtidos no florescimento, cultivar BRS MG Madrepérola, Lambari e Lavras, 2014.	77
Tabela 16	Valores médios referentes a número de nódulos (NN), massa seca de nódulos (MSN), massa seca da parte aérea (MSPA), eficiência relativa (ER) e teor (TNPA) e acúmulo de nitrogênio na parte aérea (ANPA), obtidos no florescimento, cultivar BRS MG Madrepérola, Lambari e Lavras, 2014.....	80
Tabela 17	Valores médios referentes à MSN (em g) da interação obtida entre locais e fontes de N, Lambari e Lavras, 2014.	81
Tabela 18	Valores médios referentes à TNPA (%) da interação tripla obtida entre fungicida, fontes de N e locais, Lambari e Lavras, 2014.	84

Tabela 19	Resumo da análise de variância (Quadrados Médios) dos dados referentes a estande final (EF), vagem por planta (V/P), grãos por vagem (G/V), peso de cem grãos (PCG), rendimento de grãos (RG) e teor (TNG) e acúmulo de nitrogênio nos grãos (ANG), obtidos na maturação, cultivar BRS MG Madrepérola, Lambari e Lavras, 2014.....	86
Tabela 20	Valores médios referentes a estande final (EF), vagem por planta (V/P), grãos por vagem (G/V), peso de 100 grãos (PCG), rendimento de grãos (RG) e teor (TNG) e acúmulo de nitrogênio nos grãos (ANG), obtidos na maturação, cultivar BRS MG Madrepérola, Lambari e Lavras, 2014.	87
Tabela 21	Valores médios referentes à EF (mil planta ha ⁻¹) da interação obtida entre locais e fungicidas, Lambari e Lavras, 2014.	89
Tabela 22	Valores médios referentes à G/V (unidade) da interação tripla obtida entre fungicida, fontes de N e locais, Lambari e Lavras, 2014.....	92
Tabela 23	Valores médios referentes à PCG (em g) da interação obtida entre locais e fontes de N, Lambari e Lavras-MG, 2014.....	93
Tabela 24	Resumo da análise de variância (Quadrados Médios) dos dados relativos a incidência e severidade de Antracnose (Inc ANT e Sev ANT), Crestamento-bacteriano-comum (Inc CB e Sev CB) e Podridão-radicular-seca (Inc PR e Sev PR), 2 ^a e 3 ^a avaliações, cv. BRS MG Madrepérola em Lavras, 2014.....	98
Tabela 25	Valores médios referentes a incidência e severidade de Antracnose (Inc ANT e Sev ANT), Crestamento-bacteriano-comum (Inc CB e Sev CB) e Podridão-radicular-seca (Inc PR e Sev PR), da 2 ^a Avaliação, cv. BRS MG Madrepérola em Lavras, 2014.	100

Tabela 26	Valores médios referentes a incidência e severidade de Antracnose (Inc ANT e Sev ANT), Crestamento-bacteriano-comum (Inc CB e Sev CB) e Podridão-radicular-seca (Inc PR e Sev PR), da 3ª Avaliação, cv. BRS MG Madrepérola em Lavras, 2014.	101
Tabela 27	Resumo da análise de variância (Quadrados Médios) dos dados relativos a incidência e severidade de Podridão-radicular-seca (Inc PR e Sev PR), Antracnose (Inc ANT e Sev ANT) e Crestamento-bacteriano-comum (Inc CB e Sev CB), 1ª e 3ª avaliações, cv. BRS MG Madrepérola em Lavras, 2014.	103
Tabela 28	Valores médios referentes a incidência e severidade de Podridão-radicular-seca (Inc PR e Sev PR), Antracnose (Inc ANT e Sev ANT), Crestamento-bacteriano-comum (Inc CB e Sev CB) da 1ª e 3ª Avaliações, cv. BRS MG Madrepérola em Lavras, 2014.	105

LISTA DE ABREVIATURAS

20S + Ise	20 kg ha ⁻¹ de N (fonte ureia) na semeadura + inoculação via semente
20S + Isul	20 kg ha ⁻¹ de N (fonte ureia) na semeadura + inoculação via sulco de semeadura
20S + SI	20 kg ha ⁻¹ de N (fonte ureia) na semeadura + sem inoculação
40S + 40C	40 kg ha ⁻¹ de N (fonte ureia) na semeadura + 40 kg ha ⁻¹ de N (fonte ureia) em cobertura
ANG	Acúmulo de nitrogênio nos grãos
ANPA	Acúmulo de nitrogênio na parte aérea
BFNNL	Bactérias fixadoras de nitrogênio nodulíferas em leguminosas
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
CV	Coefficiente de variação
cv.	Cultivar
DAE	Dias após emergência
EC	Emergência total em canteiro
EF	Estande final
ER	Eficiência relativa
EPAMIG	Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais
FBN	Fixação biológica de nitrogênio
G/V	Grãos por vagem
GL	Graus de liberdade
Inc ANT	Incidência de Antracnose
Inc CB	Incidência de Crestamento-bacteriano-comum
Inc PR	Incidência de Podridão-radicular-seca
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
IVE	Índice de velocidade de emergência
M	Metro
MAPA	Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento
MSN	Massa seca de nódulos
MSPA	Massa seca de parte aérea
NN	Número de nódulos
PA	Plântulas anormais
PCG	Peso de cem grãos
PN	Plântulas normais
PSa	Porcentagem de plântulas sadias

RG	Rendimento de grãos
Sev ANT	Severidade de Antracnose
Sev CB	Severidade de Crestamento-bacteriano-comum

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	20
2	REFERENCIAL TEÓRICO	23
2.1	O feijoeiro-comum e o N	23
2.2	FBN no feijoeiro-comum	24
2.3	Estirpes de rizóbios e inoculação no feijoeiro-comum	26
2.4	Tratamento de sementes com fungicidas e inoculação com rizóbio	29
3	MATERIAL E MÉTODOS	33
3.1	Experimentos em laboratório	33
3.1.1	Laboratório de Análise de Sementes do Departamento de Agricultura	33
3.1.1.1	Teste de germinação em papel	34
3.1.1.2	Teste de emergência em canteiro	36
3.1.1.3	Teor de água nas sementes	37
3.1.1.4	Teste tetrazólio	37
3.1.2	Laboratório de Patologia de Sementes do Departamento de Fitopatologia	38
3.1.2.1	Teste de sanidade de sementes	38
3.1.3	Laboratório de Microbiologia do Solo do Departamento de Ciência do Solo	39
3.1.3.1	Teste de sobrevivência de <i>Rhizobium tropici</i> estirpe CIAT 899 ^T	39
3.2	Experimento preliminar de campo em Lavras-MG	41
3.3	Experimentos de campo em Lambari e Lavras-MG	47
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	53
4.1	Experimentos em Laboratório	53
4.1.1	Laboratório de Análise de Sementes do Departamento de Agricultura	53
4.1.1.1	Teste de germinação em papel	53
4.1.1.2	Teste de emergência em canteiro	57
4.1.1.3	Teor de água nas sementes	58
4.1.1.4	Teste tetrazólio	58

4.1.2	Laboratório de Patologia de Sementes do Departamento de Fitopatologia	60
4.1.2.1	Teste de Sanidade das sementes	60
4.1.3	Laboratório de Microbiologia do Solo do Departamento de Ciência do Solo	61
4.1.3.1	Teste de sobrevivência de <i>Rhizobium tropici</i> estirpe CIAT 899 ^T	61
4.2	Experimento preliminar de campo em Lavras-MG.....	64
4.3	Experimentos de campo em Lambari e Lavras-MG.....	75
4.3.1	Características avaliadas no estádio R6	75
4.3.1.1	Nodulação.....	76
4.3.1.2	Crescimento e nutrição nitrogenada no feijoeiro-comum ..	81
4.3.2	Características avaliadas no estádio R9	85
4.3.2.1	Estande final de plantas (EF)	88
4.3.2.2	Número de vagens por planta (V/P)	89
4.3.2.3	Número de grãos por vagem (G/V).....	91
4.3.2.3	Peso de cem grãos (PCG).....	91
4.3.2.4	Rendimento de grãos (RG)	93
4.3.2.5	Teor (TNG) e acúmulo de nitrogênio nos grãos (ANG).....	95
4.3.2.6	Incidência e severidade de doença em Lavras e Lambari-MG	96
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	106
6	CONCLUSÕES	107
	REFERÊNCIAS	108

1 INTRODUÇÃO

O feijoeiro-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) tem importante papel na alimentação humana como fonte proteica, principalmente para populações carentes da América Latina e África. O Brasil é o maior produtor e consumidor da cultura, com consumo *per capita* de 14,94 kg de grãos por habitante ao ano (SEAB, 2014). Cultivado por pequenos produtores de baixo nível tecnológico e produtivo, o feijoeiro-comum tem a produção voltada diretamente ao consumo interno.

Todavia, para o aumento da produtividade da cultura, podem ser relacionados diversos fatores, entre eles o uso do nitrogênio (N) na nutrição da planta, por ser o nutriente extraído e exportado em maior quantidade e que tem como fontes o solo, os fertilizantes nitrogenados e a fixação biológica de N₂ atmosférico (FBN). No solo, o N fica sujeito a perdas em torno de 50%, resultando em baixa eficiência do uso de fertilizantes nitrogenados. Os fertilizantes nitrogenados, por seu alto valor, oneram os custos de produção. Ainda há o problema ambiental causado pelas perdas por volatilização da amônia, desnitrificação, lixiviação e escoamento, sendo altamente poluentes e contaminadores dos aquíferos subterrâneos, rios e lagos. Ainda assim, a fixação biológica de nitrogênio (FBN) apresenta destacada importância como alternativa viável para o fornecimento de N à cultura, até 165 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N, segundo Moreira e Siqueira (2006).

A eficiência da FBN do feijoeiro-comum é baixa em relação a outras leguminosas (como a soja), devido a diversos fatores relacionados ao ambiente, à planta, à bactéria e às interações entre estes. Devido a inúmeros fatores limitantes (temperatura, pH do solo, competição entre organismos fixadores, métodos de inoculação, tratamento de sementes, culturas antecedentes e outros), a inoculação de sementes desta espécie possui descrédito junto aos agricultores e

técnicos. Em nenhuma região produtora de feijão do país, é frequentemente utilizada a inoculação das sementes e, deste modo, as recomendações de adubação nitrogenada para a cultura são caracterizadas por doses elevadas para atendimento à grande demanda de N, o que também constitui fator de redução da contribuição da FBN (BARROS et al., 2013; VALADÃO et al., 2009).

Entretanto, tem aumentado, nos últimos anos, o número de pesquisas que indicam a possibilidade da cultura realmente se beneficiar da FBN, aprimorando o manejo dos fatores envolvidos, com estabelecimento de boas práticas de inoculação, como inoculação via sulco de semeadura e recomendação de menores doses de N, compatíveis com as bactérias fixadoras em condições de campo (BARROS et al., 2013; RUFINI et al., 2011; SOARES, 2012; SOUZA; SORATTO; PAGANI, 2011).

Em busca deste aprimoramento, grandes produtores de soja e feijoeiro-comum, que empregam elevado nível de tecnologia (uso de defensivos, hormônios e nutrientes via semente, que combatem eficientemente pragas e doenças), têm utilizado inoculante líquido via sulco de semeadura, associado ao tratamento de sementes com fungicidas. No entanto, há carência de estudos sobre o tipo de interferência que estes insumos poderiam exercer sobre a sobrevivência do rizóbio inoculado e a eficiência da FBN, o que constitui sério obstáculo à adoção desta tecnologia pelos agricultores.

O tratamento de sementes com fungicidas reduz o vigor das sementes, o número de células viáveis de rizóbios, a eficiência da inoculação aplicada via semente e a fixação simbiótica de nitrogênio no feijoeiro-comum. A inoculação líquida via sulco de semeadura permitiria a aquisição de sementes tratadas com fungicidas por indústria ou cooperativa, e evitaria o tratamento/inoculação em tanques na propriedade, acelerando a operação de semeadura e facilitando a prática de inoculação.

O objetivo do presente trabalho foi então verificar se o tratamento de sementes de feijoeiro-comum com fungicidas registrados para cultura interfere na sobrevivência e eficiência simbiótica da estirpe CIAT 899^T inoculada via semente e via sulco de semeadura e na qualidade fisiológica das sementes. Deste modo, os resultados poderão contribuir para mecanizar e aprimorar o emprego da inoculação com bactérias fixadoras de nitrogênio na cultura do feijoeiro-comum via aplicação de inoculante líquido no sulco de semeadura, gerando recomendações de boas práticas de inoculação a serem incorporadas ao processo produtivo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O feijoeiro-comum e o N

Na produção e no consumo de feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.), o Brasil se destaca mundialmente, com área colhida em cerca de 3 milhões de hectares e uma produção anual superior a 3 milhões de toneladas, aproximadamente 15% da produção mundial, graças ao cultivo em três safras (CONAB, 2015). A cultura desta leguminosa tem sua importância social e econômica evidenciada por ser destinada totalmente ao mercado interno, como fonte proteica na dieta alimentar da população brasileira, principalmente de baixa renda, e pelo enorme contingente de pequenos produtores e trabalhadores rurais envolvidos na sua produção (HAWERROTH, CRESTANI e SANTOS, 2011; SILVA et al., 2009).

A produtividade média da cultura no país, na safra 2014/15, situou-se em torno de 1059 kg ha⁻¹ (CONAB, 2015) e, embora crescente nos últimos anos, é inferior à produtividade alcançada em outros grandes países produtores, como Estados Unidos e China, respectivamente, 1943 e 1616 kg ha⁻¹ (MAPA, 2010).

A absorção dos nutrientes pelo feijoeiro-comum é dificultada pela pequena exploração de solo, proporcionada pelas raízes superficiais e pelo ciclo cultural curto, características limitantes da produtividade. Devido ao alto teor de N presente em toda planta, este nutriente tem que ser conseguido em grandes quantidades (SABUNDJIAN et al., 2014), a partir de matéria orgânica do solo, fertilizantes minerais industrializados e orgânicos, e por meio da FBN.

A decomposição da matéria orgânica é de grande importância para a fertilidade dos solos, resultando na liberação do N mineralizado, que fica sujeito a perdas (ACOSTA et al., 2014; BINOTTI et al., 2014; GERLACH, 2014). Os

adubos nitrogenados oneram o custo de produção, por apresentarem baixa eficiência de utilização pelas culturas, dificilmente superior a 50% (BINOTTI et al., 2014; SABUNDJIAN et al., 2014) e apresentam ainda um custo ecológico adicional nos solos tropicais (PELEGRIN et al., 2009), devido a perdas por lixiviação do nitrato, volatilização da amônia (CANTARELLA, 2007) e escoamento superficial pelas chuvas ou irrigação intensa. O N perdido nestes processos pode ser carregado para lençóis freáticos, assumindo caráter poluente e contaminando aquíferos subterrâneos, rios e lagos. Também pode retornar à atmosfera em forma gasosa gerada pela volatilização e pela desnitrificação (CANTARELLA, 2007).

Segundo Ribeiro, Guimarães e Alvarez (1999), no estado de Minas Gerais, as recomendações de adubação para o feijoeiro-comum variam de 20 a 40 kg ha⁻¹ de N na semeadura e de 20 a 60 kg ha⁻¹ de N em cobertura, dependendo do nível tecnológico empregado pelo produtor e da estimativa de produtividade. Com aplicação total de 100 kg ha⁻¹ de N (semeadura + cobertura), por exemplo, espera-se produtividade superior a 2500 kg ha⁻¹ de grãos.

Como ocorrem diversas perdas de N no solo, é de suma importância que se utilize adequada dose de fertilizantes nitrogenados no momento de alta taxa de crescimento da planta, associada a bom manejo da FBN, responsável pela aquisição parcial do N necessário para altas produtividades de grãos (ARF et al., 2011).

2.2 FBN no feijoeiro-comum

O feijoeiro-comum é capaz de utilizar o N atmosférico fixado em suas raízes por bactérias do gênero *Rhizobium*. De acordo com Moreira e Siqueira (2006), estas bactérias são capazes de fixar de 4 até 165 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N.

Fatores bióticos e abióticos, além daqueles relacionados com a planta hospedeira e com a população nativa de bactérias fixadoras de nitrogênio, influenciam a FBN (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006, RUFINI et al., 2011). Diversos fatores, como acidez do solo, toxidez de alumínio, temperatura, deficiências nutricionais, disponibilidade de água e fisiologia da planta em simbiose, são limitantes à fixação biológica de nitrogênio (FERREIRA et al., 2012; SOARES et al., 2014).

No feijoeiro-comum, em que as cultivares melhoradas foram selecionadas na presença de fertilizantes nitrogenados em detrimento da sua eficiência na FBN, ciclo curto e o sistema radicular é superficial, há exposição das bactérias a grandes variações de temperatura (ANDRADE et al., 2001). Além disso, a competição entre estirpes inoculadas e nativas do solo resulta em baixa eficiência da FBN na espécie, e dificulta a introdução e o manejo de estirpes mais eficientes (DENARDIN, 1991; RUFINI et al., 2011; VALADÃO et al., 2009). Da mesma forma, o excesso de fertilizante nitrogenado pode causar a diminuição na simbiose da bactéria com a planta. Em contrapartida, a utilização de doses baixas de N na semeadura permite maior crescimento dos nódulos e maior FBN do feijoeiro-comum (BARROS et al. 2013).

Soares (2012), em experimentos na região de Lavras- MG nos quais sementes da cv. BRS MG Majestoso foram inoculadas com a estirpe CIAT 899^T, verificou que a aplicação de 20 kg ha⁻¹ de N fonte ureia na semeadura proporcionou rendimento de grãos que não diferiu de tratamentos que receberam até 80 kg ha⁻¹ de N (20 na semeadura + 60 em cobertura). Concluiu que a inoculação junto de pequenas doses de N na semeadura contribui para maior lucratividade nas lavouras de feijoeiro-comum, tanto em sistema de plantio direto, como convencional.

Barros et al. (2013), em dois experimentos na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (safra da seca e águas), utilizando a cv. Ouro Negro e a inoculação com *Rhizobium tropici*, mostraram que a inoculação juntamente com

20 kg ha⁻¹ de N fonte ureia na semeadura não inibiu a nodulação e proporcionou um acréscimo significativo no rendimento de grãos em ambas as safras.

Em Lavras-MG, Rufini et al. (2011) utilizaram a cv. BRS MG Majestoso com e sem calagem do solo e com inoculação das sementes com as estirpes CIAT 899^T (*Rhizobium tropici*), UFLA 04-195 (*R. etli*), UFLA 04-202 (*R. etli*), UFLA 02-100 (*R. etli*) e UFLA 02-68 (*R. etli* bv. *mimosae*), cultivadas em meio de cultura 79 líquido a diferentes valores de pH (5,0; 6,0 e 6,9). Verificaram que as bactérias fixadoras de nitrogênio inoculadas proporcionaram o mesmo rendimento de grãos da testemunha com 70 kg ha⁻¹ de N mineral e que o aumento do pH do solo com a calagem favorece a simbiose entre as bactérias e o feijoeiro-comum.

Estudos que envolvam inoculação, suas limitações e seu aperfeiçoamento são fundamentais para maximizar a FBN e para o estabelecimento de boas práticas de manejo adequadas a pequenos e grandes produtores.

2.3 Estirpes de rizóbios e inoculação no feijoeiro-comum

Trabalhos têm sido destinados ao melhor conhecimento e identificação da diversidade dos microrganismos que nodulam as raízes e fixam N no feijoeiro-comum (SOARES et al., 2006; BARBERI, 2007; STOCCO et al., 2008).

No passado, a simbiose com o feijoeiro-comum foi considerada bastante restrita, sendo relatada apenas para um grupo de bactérias, *Rhizobium phaseoli* (FRED, BALDWIN e McCOY, 1932), reclassificado posteriormente como *R. leguminosarum* bv. *phaseoli* (JORDAN, 1984). Contudo, o avanço das metodologias de biologia molecular e a expansão das coletas de rizóbios indicaram que esta leguminosa pode ser bastante promíscua em suas relações

simbióticas. Até 1997, outras espécies foram descritas: *R. tropici* (MARTINEZ-ROMERO et al., 1991), *R. etli* bv. *phaseoli* (SEGOVIA YOUNG e MARTINEZ-ROMERO, 1993), *R. gallicum* bvs. *gallicum* e *phaseoli* e *R. giardini* bvs. *giardini* e *phaseoli* (AMARGER, MACHERET e LAGUERRE, 1997). Recentemente, outras espécies/biovars de rizóbio e de outros gêneros foram isoladas de nódulos de feijoeiro-comum, tais como *R. mongolense*, *R. etli* bv. *mimosae*, *R. yangligense*, *Sinorhizobium fredii*, *S. americanum*, *Azorhizobium doebereinae*, *Mesorhizobium loti* e *M. huakuii* (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006).

O inoculante brasileiro para o feijoeiro-comum foi, durante muito tempo, produzido utilizando-se bactérias fixadoras de nitrogênio nodulíferas em leguminosas – BFNNL, das espécies *Rhizobium leguminosarum* bv. *phaseoli* e *Rhizobium etli*. Porém, sabe-se que as estirpes de *R. leguminosarum* bv. *phaseoli* e *R. etli* estão sujeitas a elevado grau de instabilidade genética (SOBERÓN-CHAVES et al., 1986; FLORES et al., 1988; RAPOSEIRAS et al., 2002), podendo perder sua eficiência simbiótica com certa facilidade, promovida por variações bióticas e abióticas do meio.

Atualmente, as estirpes aprovadas pelo Ministério da Agricultura e Abastecimento como inoculantes comerciais de feijoeiro-comum no Brasil contêm duas estirpes de *R. tropici*: CIAT 899^T (= BR 322 = SEMIA 4077), obtida de isolados da Colômbia, e PRF 81 (=BR 520 = SEMIA 4080), advinda de solos do Paraná-BR (BRASIL, 2011). Estas estirpes são consideradas geneticamente estáveis e tolerantes a estresses, tais como temperaturas elevadas e acidez do meio, com adaptabilidade às condições adversas dos solos tropicais (GRAHAM, 1992; HUNGRIA et al., 2000).

Raposeiras et al. (2002), utilizando quatro choques térmicos sucessivos a 45°C em solos inoculados com *R. tropici* e *R. leguminosarum* bv. *Phaseoli*, observaram pelo método genotípico (perfil plasmidial e padrões genômicos) que

estirpes da espécie *R. tropici* são mais resistentes e estáveis a temperaturas elevadas. Verificou-se também maior competitividade de estirpes desta espécie na nodulação do feijoeiro-comum sob condições elevadas de acidez (VARGAS e GRAHAM, 1989; WOLFF et al., 1991).

Ormeño-Orrillo et al. (2012) verificaram que a estirpe CIAT 899^T apresenta genoma que confere resistência e estabilidade em condições de baixo pH e altas temperaturas. Em campo, os resultados são variáveis, tendo apresentado baixa competitividade em solos do Havaí (THIES, BOHLOOL e SINGLETON, 1992) e em solos ácidos da Colômbia (WOLFF et al., 1991), e alta competitividade em solo de baixa fertilidade no Brasil (VLASSAK, VANDERLEYDEN e FRANCO, 1996; VLASSAK et al., 1997).

Soares et al. (2006), em experimentos de campo em Perdões – MG, avaliaram a inoculação de quatro estirpes de *Rhizobium* advindas de Theobroma – RO (UFLA 02-100, UFLA 02-68, UFLA 02-86 e UFLA 02-127) e a estirpe referência CIAT 899^T sobre rendimento de grãos da cv. BRSMG Talismã, e observaram que as estirpes UFLA 02-100, UFLA 02-86 e UFLA 02-127 não diferiram da estirpe referência CIAT 899^T, nem da testemunha que recebeu 70 kg há⁻¹ de N.

Eficiência simbiótica comparável à da estirpe CIAT 899^T foi ainda verificada nas estirpes UFLA 04-195, UFLA 04-173 e UFLA 04-202 de *R. miluonense*, em casa de vegetação (FERREIRA et al., 2012), e na estirpe UFLA 04-173, em campo em Lavras e Patos de Minas (FONSECA, 2011).

Em estudo com a cv. Madrepérola inoculada com a estirpe CIAT 899^T, em Lavras, Uberaba, Patos de Minas e Lambari, Minas Gerais, Oliveira (2013) verificou que a estirpe CIAT 899^T proporcionou rendimento de grãos, teor e acúmulo de N no grão equivalente ao da adubação com 80 kg há⁻¹ de N no feijoeiro-comum. Outro trabalho em Pitangui - MG demonstrou que a população nativa de rizóbio proporcionou teor e acúmulo de N nos grãos equivalentes aos

obtidos com as estirpes CIAT 899^T e UFLA 02-100 introduzidas (FIGUEIREDO et al., 2012).

Por estes resultados, verifica-se, portanto, a influência do microssimbionte na eficiência da FBN e evidencia-se o papel do ambiente no estabelecimento da simbiose. Estudos quanto à viabilidade econômica da inoculação com *Rhizobium* no feijoeiro-comum podem auxiliar na tomada de decisão da tecnologia a ser adotada (SOARES, 2012), mas existem poucos resultados disponíveis explorando a inoculação líquida aplicada no sulco de semeadura, o que mostra que há a necessidade de mais estudos relacionados à sua eficiência.

2.4 Tratamento de sementes com fungicidas e inoculação com rizóbio

No feijoeiro-comum, o tratamento de sementes com fungicidas específicos é o controle químico mais eficiente, pois na sua quase totalidade os patógenos da cultura são transmitidos via semente, interna ou externamente. O tratamento de sementes proporciona proteção inicial contra patógenos presentes no solo, elimina os patógenos associados às sementes e evita a disseminação e a entrada do patógeno na área de plantio. Além do controle inicial dos patógenos, esse tratamento possui baixo custo e garante melhor estande e uniformidade de germinação (RAMALHO, ABREU e GUILHERME, 2014).

De acordo com Monteiro, Baraibar e Tsai (1990), sobre as recomendações de tratamento de sementes de leguminosas com fungicidas há uma séria restrição quando se pretende utilizar inoculantes contendo estirpes de *Rhizobium*. Segundo Oliveira et al. (1999) e Barbosa e Gonzaga (2012), o tratamento das sementes coloca os fungicidas em contato direto com o inoculante, fato que pode ser prejudicial à sobrevivência do inóculo, com redução na nodulação, e à FBN, pelos possíveis efeitos nocivos do produto.

De acordo com Cassini e Franco (2006), as sementes inoculadas não devem ser pré ou pós-tratadas com defensivos agrícolas que tendam a reduzir a viabilidade dos rizóbios inoculados. No caso de necessidade de utilização de fungicidas, recomendam verificar a sua compatibilidade com o rizóbio e aplicá-lo uma semana após a emergência. Assim, Kintschev; Goulart e Mercante (2014) demonstraram que a concentração de rizóbio introduzido pela inoculação é frequentemente prejudicada por diversos fungicidas utilizados na implantação e manejo da cultura. E os princípios ativos fluazinam + tiofanato metílico foram os mais prejudiciais à sobrevivência das bactérias.

Diversos trabalhos têm demonstrado o efeito de fungicidas na redução da bactéria inoculada nas sementes de soja (PEREIRA et al., 2009; 2010). Zilli et al. (2009) verificaram que sementes de soja inoculadas e tratadas com carbendazim + thiram resultaram em menor nodulação, crescimento e rendimento de grãos. Pereira et al. (2009; 2010) também encontraram que o tratamento com alguns produtos fungicidas reduziram a nodulação e o número de vagens da soja.

No feijoeiro-comum, poucos são os estudos que avaliaram o efeito dos fungicidas na sobrevivência e na FBN (ARAÚJO e ARAÚJO, 2006; ARAÚJO et al., 2007; KINTSCHEV, GOULART e MERCANTE, 2014; OLIVEIRA, 2013). Ainda assim, presume-se que, além do princípio ativo e do pH, os solventes usados nas formulações dos produtos comerciais estejam entre os responsáveis pela mortalidade da bactéria. Para Isoi e Yoshida (1988) e Araújo e Araújo (2006), entretanto, o efeito biológico do tratamento de sementes de leguminosas, em especial no feijoeiro-comum, dependerá da dose do fungicida aplicado, da estirpe de *Rhizobium* utilizada, de fatores climáticos e de microrganismos existentes na rizosfera. Também não podem ser excluídos os cuidados quanto a preparo, momento e forma de aplicação e conservação dos produtos e organismos envolvidos no todo.

De acordo com Barbosa e Gonzaga (2012), a maior frequência de efeitos negativos no tratamento de sementes com fungicidas no feijoeiro-comum sobre a FBN ocorre em solos de primeiro ano de cultivo, com reduzida população de rizóbio. Segundo estes autores, nesse caso, para garantir melhores resultados com a inoculação e o estabelecimento da população da bactéria ao solo, o agricultor deve inocular uma dose duas vezes maior que aquela recomendada, para garantir boa nodulação. Pode evitar também o tratamento com fungicida nas sementes, desde que as mesmas possuam qualidade fisiológica e sanitária, ou seja, estejam livres de fitopatógenos importantes ou pragas quarentenárias e que o solo tenha disponibilidade hídrica e temperatura adequada para rápida germinação e emergência.

Araújo et al. (2007), utilizando a cv. Carioca, estudaram a associação de tratamento de sementes com fungicida sistêmico a base de carbendazin, 0,5 g por kg de semente. O fungicida não afetou a nodulação, o crescimento e a produção de grãos das plantas inoculadas, mas houve tendência de o tratamento com fungicida reduzir o rendimento de grãos quando não se fez a inoculação.

Trabalho realizado por Oliveira (2013), em Lavras e Lambari-MG, indicou que os fungicidas fluazinam + tiofanato metílico, carboxina + tiram, fludioxonil + metalaxil-M e carbendazin não reduziram a nodulação e a massa seca de nódulos da estirpe CIAT 899^T em relação às sementes não tratadas com os fungicidas. Indicou ainda que os rizóbios nativos são capazes de promover produções equivalentes à da estirpe CIAT 899^T.

Entretanto, devido ao grande número de produtos e formulações de fungicidas registrados para o controle de doenças do feijoeiro-comum e à rapidez com que novos produtos e cultivares são lançados no mercado, há necessidade de se avaliar os produtos comerciais mais utilizados, procurando melhor orientar os produtores. Assim, é preferível utilizar produtos com menor

toxidez e manter o inoculante em contato com o fungicida durante menor tempo possível (BARBOSA e GONZAGA, 2012).

Na cultura da soja, Zilli et al. (2010) demonstraram que, no caso do tratamento de sementes com fungicidas, a inoculação via sulco, com auxílio de um equipamento acoplado ao trator e à semeadora, é alternativa econômica e operacionalmente viável no manejo da semeadura, diminuindo assim custos com mão de obra e máquinas no tratamento das sementes.

A diversidade de produtos fungicidas no tratamento de sementes vem aumentando e novas moléculas mais eficientes são lançadas no mercado para o controle de patógenos no feijoeiro-comum. Portanto, estudos visando à interferência destes fungicidas na simbiose planta/bactéria são fundamentais para o desenvolvimento de formas de manejo na cultura, levando em consideração a eficiência destes produtos e a sua compatibilidade com as bactérias fixadoras de nitrogênio. Deste modo, novas tecnologias de inoculação e a escolha do fungicida são fatores que podem diminuir os possíveis danos para as plantas e para fixação simbiótica de nitrogênio.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Experimentos em laboratório

Estes experimentos foram realizados no Laboratório de Análise de Sementes do Departamento de Agricultura, no Laboratório de Patologia de Sementes do Departamento de Fitopatologia e no Laboratório de Microbiologia do Solo do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras.

Antes da análise de variância, os dados de cada avaliação foram submetidos a testes de verificação de normalidade e de homocedasticidade. Sempre que necessário, os dados foram previamente transformados, para então serem submetidos à análise de variância e teste *F*, utilizando o *software* de análise estatística *Sisvar*[®] (FERREIRA, 2011). Nos casos de significância ($p < 0,05$) das fontes de variação, as médias foram submetidas ao teste de agrupamento de *Scott e Knott*.

3.1.1 Laboratório de Análise de Sementes do Departamento de Agricultura

Nos testes realizados neste laboratório, foram utilizadas amostras do mesmo lote das sementes empregadas nos experimentos de campo de Lavras e Lambari. As amostras foram homogeneizadas e submetidas aos tratamentos fungicidas nas sementes: 1. Captana, 2. Carboxina + tiram, 3. Difenconazol, 4. Fluazinam + tiofanato-metílico e 5. Fludioxonil + metalaxil-M, sendo os mais utilizados por produtores de feijoeiro-comum, nas doses recomendadas (Tabela 1). As amostras foram, finalmente, utilizadas nos testes descritos a seguir.

3.1.1.1 Teste de germinação em papel

O delineamento estatístico foi o inteiramente casualizado com quatro repetições e esquema fatorial 6x3, envolvendo cinco fungicidas (Tabela 1) mais uma testemunha não tratada e três temperaturas, baixa (15°C ±2 °C), ideal (25°C ±2 °C) e alta (35°C ±2 °C), totalizando 72 parcelas de 50 sementes (adaptado de BRASIL, 2009b).

Tabela 1 Descrição do ingrediente ativo, grupo químico, patógeno alvo (doença) e as doses recomendadas dos fungicidas no estudo.

Ingrediente ativo /Grupo químico	Patógeno alvo	Doença	Dose (g.i.a / 100 kg semente)
Captana / dicarboximida	<i>Colletotrichum lindemuthianum</i>	Antracnose	150 (captana)
	<i>Rizoctonia solani</i>	<i>Damping-off</i> ;	
Carboxina / carboxanilida + tiram / dimetilditiocarbamato	<i>Colletotrichum lindemuthianum</i>	Antracnose	60 (carboxina) + 60 (tiram)
	<i>Cladosporium</i> spp.	Fungo de pós-colheita	
	<i>Aspergillus</i> spp.	Tombamento	
	<i>Alternaria</i> spp.	Mancha-de-alternária	
	<i>Fusarium solani</i> sp. <i>phaseoli</i>	Podridão-radicular-seca	
	<i>Rizoctonia solani</i>	<i>Damping-off</i> ;	
Difenoconazol / triazol	<i>Fusarium solani</i> sp. <i>phaseoli</i>	Podridão-radicular-seca	5 (difenoconazol)
	<i>Colletotrichum lindemuthianum</i>	Antracnose	
	<i>Macrophomina phaseolina</i>	Podridão-cinzenta	
	<i>Rizoctonia solani</i>	<i>Damping-off</i> ;	

“Continua...”

Tabela 1, “continuação”

Ingrediente ativo /Grupo químico	Patógeno alvo	Doença	Dose (g.i.a / 100 kg semente)
Fluazinam / fenilpiridinilamina+ tiofanato-metílico/ benzimidazol	<i>Colletotrichum lindemuthianum</i>	Antracnose	63 (fluazinam) + 9 (tiofanato-metílico)
	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	Mofo-Branco	
	<i>Aspergillus flavus</i>	Fungo de pós-colheita	
	<i>Penicillium</i> spp.	Fungo de armazenamento	
	<i>Aspergillus</i> spp.	Tombamento	
Fludioxonil / fenilpirrol + metalaxil-M / acilalaninato	<i>Aspergillus</i> spp.	Tombamento	7,5 (fludioxonil) + 3 (metalaxil-M)
	<i>Penicillium</i> spp.	Fungo de armazenamento	
	<i>Rizoctonia solani</i>	<i>Damping-off</i> ;	
	<i>Colletotrichum lindemuthianum</i>	Antracnose	

Fonte: Agrofit (MAPA, 2015).

As parcelas foram compostas de 50 sementes, divididas em dois rolos de 25 sementes, para promover melhor desenvolvimento das plântulas. Os rolos foram compostos por três folhas de papel tipo *Germitest* umedecidas em 2,5 vezes o seu peso seco com água destilada, colocando-se duas folhas umedecidas abaixo das sementes e uma acima, cobrindo-as. Os rolos foram posicionados verticalmente no germinador com luminosidade artificial constante (BRASIL, 2009b; SILVA et al., 2014).

Para obter baixa e alta temperatura, foi utilizada câmara incubadora do tipo B.O.D., sendo as parcelas colocadas em sacos plásticos esterilizados para manter a umidade dos rolos. A temperatura ideal foi obtida com germinador do tipo Mangelsdorf, com alta umidade relativa (BRASIL, 2009b).

A primeira contagem do teste de germinação foi realizada no quinto dia após a semeadura, retirando-se as plântulas consideradas normais; a segunda avaliação foi no nono dia, caracterizando-se o total de plântulas normais, anormais e mortas (BRASIL, 2009b; LIMA et al. 2013; SILVA et al. 2014).

Os dados obtidos pelo teste não apresentaram normalidade e homocedasticidade, sendo, por esta razão, transformados em arco seno de $(x+0,5)^{0,5}$ antes de serem submetidos à análise de variância.

3.1.1.2 Teste de emergência em canteiro

O delineamento estatístico foi o inteiramente casualizado, com seis repetições e seis tratamentos: cinco fungicidas no tratamento de sementes (Tabela 1) mais uma testemunha não tratada, totalizando 36 parcelas de 50 sementes (adaptado de BRASIL, 2009b).

O substrato foi composto por areia lavada e subsolo peneirado, na proporção de 2:1. Utilizaram-se 36 sulcos com capacidade para 50 sementes cada, no espaçamento de 10 cm entre sulcos e profundidade de 3 cm, sendo cada parcela representada por um sulco. Foi anotado diariamente, a partir da emergência da primeira plântula que ocorreu no quinto dia após a semeadura, o número de plântulas emergidas, para calcular-se o IVE (índice de velocidade de emergência) proposto por Maguire (1962), de acordo com equação:

$IVE = E1 / N1 + E2 / N2 + \dots + En / Nn$, em que:

IVE = Índice de velocidade de emergência,

E1, E2 e En = número de plântulas emergidas na 1ª, 2ª e última contagem,

N1, N2 e Nn = número de dias após a implantação do teste.

A percentagem de emergência total em canteiro (%EC) foi calculada no nono dia após a emergência da primeira plântula, pela equação:

$\%EC = (\text{número de sementes emergidas} \times 100) / (\text{número de sementes semeadas})$.

3.1.1.3 Teor de água nas sementes

Empregou-se a metodologia da estufa a 105 °C (BRASIL, 2009b) em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições e seis tratamentos (os cinco fungicidas da Tabela 1 e uma testemunha não tratada), totalizando 24 parcelas de 50 sementes.

Foram utilizados frascos de alumínio, com tampa devidamente identificada, colocados em estufa a 105 °C por 30 minutos, retirados e resfriados em dessecador com sílica. Após pesados em balança com precisão de 0,001g para obter o peso do recipiente, as sementes das parcelas foram alocadas de forma homogênea nos frascos e o conjunto foi pesado, para obter o peso inicial das sementes com água, e levadas à estufa por 24 horas. Após este período, as amostras foram retiradas da estufa e colocadas no dessecador até seu resfriamento, para obter o peso final das sementes.

A percentagem de teor de água (TA) foi calculada pela equação:

Teor de água (%) = $100 \times (P-p) / P-r$, em que:

P = peso inicial das sementes,

p = peso final da amostra,

r = peso do recipiente.

3.1.1.4 Teste tetrazólio

O teste de tetrazólio foi realizado com o intuito de se avaliar o vigor e a viabilidade das sementes e identificar possíveis causas de deterioração. O delineamento estatístico foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições de

50 sementes e seis tratamentos (os cinco fungicidas da Tabela 1 e uma testemunha não tratada), totalizando 24 parcelas. As parcelas foram pré-condicionadas entre papéis *Germitest* umedecidos, durante 16 horas, à temperatura de 25 °C, para facilitar a exposição dos tecidos internos e a absorção da solução de tetrazólio, promovendo uma coloração mais uniforme e proporcionando uma avaliação mais fácil, sem provocar danos às sementes (FRANÇA-NETO, 1998; ROMANO et al., 2014). A seguir, as sementes foram submersas em solução a 0,075% de trifenil cloreto de tetrazólio, em recipientes âmbar, em câmara incubadora tipo B.O.D. a 35 °C, por 2 horas. Ao final do período de coloração, a solução de tetrazólio foi descartada e as sementes lavadas foram então submersas em água destilada até o fim da avaliação (BRASIL, 2009b; FRANÇA-NETO, 1998; LIMA et al., 2013).

Na avaliação, foi utilizada uma escala de notas de 1 a 7 para o vigor de sementes (BHERING et al., 1999), em que notas de 1 a 3 representam as sementes viáveis e vigorosas (SVV), 4 e 5 representam sementes viáveis, porém não vigorosas (SV), e 6 e 7 representam sementes inviáveis ou mortas (IM).

Os dados referentes às sementes inviáveis ou mortas (IM) não apresentaram normalidade e homocedasticidade, sendo por isso transformados em arco seno de $(x+0,5)^{0,5}$, anteriormente à análise de variância.

3.1.2 Laboratório de Patologia de Sementes do Departamento de Fitopatologia

3.1.2.1 Teste de sanidade de sementes

O delineamento estatístico foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições de 50 sementes e seis tratamentos (os cinco fungicidas da Tabela 1 mais uma testemunha não tratada), totalizando 24 parcelas.

Foram utilizados rolos com folhas de papel tipo *Germitest* umedecidas em 2,5 vezes a massa seca do papel, com água destilada (BRASIL, 2009b). Cada rolo teve três folhas de papel *Germitest*, duas folhas abaixo e uma acima das sementes, cobrindo-as. As parcelas de cada repetição foram enroladas em outra folha umedecida, sendo acondicionadas em sacos de polietileno preto (para inibição da formação de clorofila), com pequenas perfurações no topo, na posição vertical, e colocados em câmaras de incubação tipo B.O.D. a $20 \pm 2^\circ\text{C}$, no escuro (BRASIL, 2009a; CONCEIÇÃO et al., 2014), pelo período de 10 dias.

Para avaliação da presença de patógenos, os tegumentos foram removidos ao final da incubação e os cotilédones examinados com o auxílio de lupa. Quando necessário, foram feitas lâminas para determinação específica de agentes patogênicos nas sementes, calculando-se a percentagem total de plântulas infectadas.

A percentagem de plântulas sadias (% PSa) foi calculada pela equação:
 $\% \text{ PSa} = (\text{número de plântulas sadias} \times 100) / (\text{número de sementes semeadas}).$

3.1.3 Laboratório de Microbiologia do Solo do Departamento de Ciência do Solo

3.1.3.1 Teste de sobrevivência de *Rhizobium tropici* estirpe CIAT 899^T

A metodologia empregada foi a de recuperação e quantificação de rizóbios em sementes inoculadas (BRASIL, 2010). A estirpe utilizada foi a CIAT 899^T de *Rhizobium tropici*, aprovada pelo Ministério da Agricultura e Abastecimento (MAPA) para a cultura do feijoeiro-comum (GRAHAM e HOLLIDAY, 1976), crescido em meio 79 (FRED e WAKSMAN, 1928) esterilizado, também conhecido como meio YMA (*yeast mannitol agar*) (VINCENT, 1970). Em seguida, as bactérias foram inoculadas em *erlenmeyer*

de 250 mL com meio YM (*yeast mannitol*) e crescidas sob agitação orbital de 110 rpm a 28°C, durante 48 horas, até o crescimento alcançar a fase log. A qualidade do inoculante dispôs do número mínimo legal de células viáveis, 10^9 UFC (Unidades Formadoras de Colônia) por mL de inoculante.

Foram colocados duzentos gramas (200 g) de sementes de feijoeiro-comum em sacos plásticos de polietileno e elas foram tratadas com os fungicidas (Tabela 1), secas à sombra e armazenadas por sete dias em temperatura ambiente. Após foi feita a inoculação via líquido de 1,5 mL do inoculante contendo a estirpe CIAT 899^T e foram feitos movimentos circulares para homogeneizar a distribuição do inoculante nas sementes, após secas por 30 minutos.

Uma amostra de 100 sementes de cada tratamento foi colocada em *erlenmeyer* de 250 mL contendo 100 mL de solução salina 0,85% ($8,5 \text{ g L}^{-1}$ de Na Cl) e agitada por 15 minutos a 110 rpm em agitador orbital. A partir desta solução, foi tomado 0,1 mL da diluição e colocado em *eppendorf* esterilizado com 0,9 mL de solução fisiológica NaCl 0,85%, obtendo-se a diluição de 10^{-1} ; após, realizaram-se diluições sucessivas até alcançar a diluição de 10^{-6} .

Em placa de *Petri* contendo o meio 79 com vermelho Congo (0,25 g em 100 mL de água destilada) (FRED e WAKSMAN, 1928), com a adição de 100 mg L^{-1} vancomicina e actidione para prevenção de contaminantes, foi feita a inoculação, em triplicata, de 20 μL das diluições seriadas de cada tratamento, com quatro repetições. Estes procedimentos foram efetuados em capela de fluxo laminar devidamente esterilizada para evitar contaminações. Após o plaqueamento, as sementes foram incubadas em B.O.D. a 28 °C, por 48 horas, para contagem de unidades formadoras de colônia (UFC). A avaliação foi realizada pela contagem direta nas diluições que apresentaram de 3 a 30 UFC, tomando-se o número médio de colônias da triplicata.

Após, foi calculado o número de bactérias recuperadas das sementes, pela equação:

$UFC\ semente^{-1} = D \times N \times 50$. Em que:

D = diluição,

N = número médio de colônias da triplicata,

50 = fator de correção.

3.2 Experimento preliminar de campo em Lavras-MG

Um experimento preliminar a campo foi conduzido no Centro de Desenvolvimento Tecnológico em Agropecuária, em área do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA), na safra da seca (ou verão/outono), entre fevereiro e maio de 2014. O clima, de acordo com a classificação de Köeppen, é do tipo Cwa, temperado úmido, com verão quente e inverno seco (VIANELLO e ALVES, 1991). O solo do local foi classificado como um Latossolo Vermelho distroférico típico (EMBRAPA, 2006) e os resultados das análises química e física de amostra de solo, retirada à profundidade de 0 a 20 cm, são apresentados na Tabela 2, onde também se encontram as coordenadas geográficas e a altitude do local. As informações relativas a temperatura e pluviosidade de Lavras no período do experimento são apresentadas na Figura 1.

O delineamento estatístico utilizado foi o de blocos casualizados (DBC) com três repetições e esquema fatorial $(5 \times 3) + 1$, envolvendo cinco fungicidas no tratamento de sementes (Tabela1) e três níveis de inoculação (sem inoculação, inoculação via sementes e inoculação via sulco de semeadura), mais um tratamento adicional com $80\ kg\ ha^{-1}$ de N ($40\ kg\ ha^{-1}$ N na semeadura + $40\ kg\ ha^{-1}$ N em cobertura), com exceção deste último tratamento, os demais receberam $20\ kg\ ha^{-1}$ de N na semeadura.

Tabela 2 Resultado da análise química e física de amostra de solo retirada na camada de 0 a 20 cm de profundidade, antes da implantação do experimento e altitude e coordenadas geográficas do local, Lavras-MG, 2014.

Características	Unidade	Lavras-MG
pH em H ₂ O (1:2,5)	-	6,0 B
K (Potássio Mehlich I)	(mg dm ⁻³)	172,00 MB
P (Fósforo Mehlich I)	(mg dm ⁻³)	12,75 B
Ca	(cmol _c dm ⁻³)	4,10 MB
Mg	(cmol _c dm ⁻³)	1,20 B
Al	(cmol _c dm ⁻³)	0,00 MBa
H + Al	(cmol _c dm ⁻³)	2,90 M
SB	(cmol _c dm ⁻³)	5,74 B
t	(cmol _c dm ⁻³)	5,74 B
T	(cmol _c dm ⁻³)	8,64 B
V	(%)	66,45 B
m	(%)	0,00 MBa
M.O.	(dag kg ⁻¹)	3,56 M
Zn	(mg dm ⁻³)	4,41 A
Fe	(mg dm ⁻³)	55,24 A
Mn	(mg dm ⁻³)	16,85 A
Cu	(mg dm ⁻³)	2,72 A
B	(mg dm ⁻³)	0,28 Ba
S	(mg dm ⁻³)	19,40 MB
Argila	(dag kg ⁻¹)	54,00
Silte	(dag kg ⁻¹)	8,00
Areia	(dag kg ⁻¹)	38,00
Classe Textural	-	Argilosa
Altitude	(m)	940,00
Latitude	-	21° 12'S
Longitude	-	44° 58' W

Análise realizada pelo Laboratório do Departamento de Ciência do Solo da UFLA. SB= soma de bases, T= Capacidade de troca de cátions a pH 7, t= Capacidade efetiva de troca de cátions, m= Saturação por alumínio, V= Saturação por bases, M.O= Matéria orgânica, Ba= Baixo, B= Bom, MBa= Muito baixo, MB= Muito bom, M= Médio e A= Alto (RIBEIRO, GUIMARÃES e ALVAREZ, 1999).

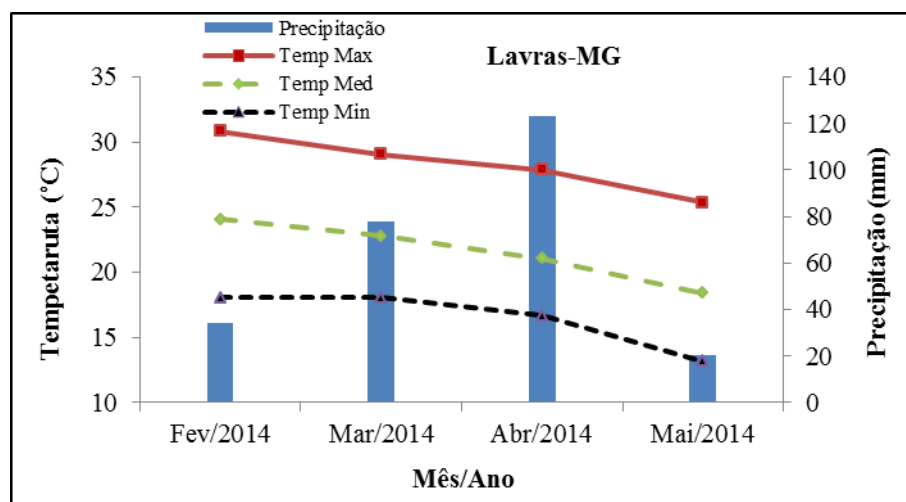


Figura 1. Variação mensal de temperatura máxima, média compensada e mínima e da precipitação pluvial de 1 de Fevereiro a 31 de Maio de 2014, para Lavras-MG.

Fonte: INMET (2015).

A cultivar utilizada foi a BRS MG Madrepérola, com alto potencial produtivo e bom nível de resistência às principais doenças que ocorrem no estado de Minas Gerais. Suas plantas possuem porte prostrado, hábito de crescimento indeterminado, tipo III, com baixa tolerância ao acamamento e ciclo médio de 85 dias. Os grãos são do tipo carioca, de coloração bege claro com rajaz marrom claro e massa média de 100 grãos de 24,5g (ABREU et al., 2011).

A inoculação foi feita com a estirpe CIAT 899^T de *Rhizobium tropici*, aprovada pelo Ministério da Agricultura e Abastecimento (MAPA) para a cultura do feijoeiro-comum (GRAHAM e HOLLIDAY, 1976). O inoculante foi preparado no Laboratório de Microbiologia do Solo do Departamento de Ciência do Solo da UFLA, cultivado em meio 79 (FRED e WAKSMAN, 1928) esterilizado, também conhecido como meio YMA (*yeast mannitol agar*) (VINCENT, 1970). Após, as bactérias foram inoculadas em *erlenmeyer* de 250

mL com meio YM (*yeast mannitol*) e cultivadas sob agitação orbital de 110 rpm a 28°C, durante 48 horas até a fase log de crescimento. A qualidade do inoculante dispôs do número mínimo legal de células viáveis, 10^9 UFC (Unidades Formadoras de Colônia) por mL de inoculante. O inoculante foi empregado via líquido nas sementes numa proporção de $7,5 \text{ mL kg}^{-1}$, e no sulco de semeadura de 300 mL ha^{-1} .

A parcela experimental ($14,4 \text{ m}^2$) constituiu-se de 6 linhas de 4 m e espaçamento de 0,6 m entre linhas, sendo as linhas 1 e 6 consideradas bordaduras. As sementes foram tratadas com os fungicidas em sacos plásticos por meio da aplicação direta do produto em suas dosagens recomendadas (Tabela 1), com auxílio de uma pipeta graduada. Depois os sacos contendo as sementes e os fungicidas foram agitados manualmente até atingir homogeneização completa nas sementes. Após as sementes foram secas à sombra. A inoculação das sementes foi feita no momento da semeadura e a do sulco efetuou-se aplicando uma calda (inoculante + água) de 200 L ha^{-1} , logo após a semeadura.

A adubação de base correspondeu à aplicação de $110 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$, $40 \text{ kg ha}^{-1} \text{ K}_2\text{O}$ (RIBEIRO; GUIMARÃES; ALVAREZ, 1999) e 20 kg ha^{-1} de N, fontes superfosfato triplo, cloreto de potássio e uréia, respectivamente. O tratamento adicional recebeu $40 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$ (fonte uréia).

A semeadura, em sistema de plantio direto (cultura antecessora milho), foi realizada manualmente em 18 de fevereiro de 2014, com 15 sementes por metro, com 3 a 4 cm de profundidade.

No controle de plantas infestantes, foi feita, em 19 de fevereiro de 2014, a aplicação de herbicida pós-emergente não seletivo paraquat na dose de 400 g ha^{-1} do i.a. (2 L ha^{-1} de Gramoxone®). Doze dias após a emergência (DAE), foi feita a aplicação de herbicida pós-emergente seletivo à cultura do feijoeiro-comum, fluazifop-p-butil + fomesafen (1 L ha^{-1} de Robust®) nas dosagens de 200

e 250g, respectivamente. Além disso, quando necessário, foi empregada a capina manual

Aos 21 DAE, realizou-se a aplicação de 10g ha^{-1} de i.a. do inseticida lambda-cialotrina ($0,2\text{ L ha}^{-1}$ de Karate zeon50 CS[®]) para controle de *Diabrotia speciosa* e, aos 49 DAE, aplicou-se 18g ha^{-1} de i.a do inseticida e acaricida abamectina (Kraft 36 EC[®]), para controle de *Lyriomyza huidobrensis*. Nas aplicações, foi utilizada uma vazão de 200 L ha^{-1} de calda, com bico tipo leque, conforme indicações na bula dos produtos.

Aos 37 DAE, entre os estádios V3 e V4 do ciclo cultural do feijoeiro-comum, foram aplicados 40 kg ha^{-1} de N (fonte ureia) em cobertura nas parcelas do tratamento adicional.

Na plena floração (estádio R6 do ciclo cultural do feijoeiro-comum), foi retirada uma amostra de 10 plantas aleatórias (linhas 2 e 3) de cada parcela para determinação do número (NN) e massa seca de nódulos em gramas (MSN), massa seca da parte aérea em gramas (MSPA), teor em percentagem (TNPA) e acúmulo de N na parte aérea em mg planta^{-1} (ANPA). As plantas foram coletadas por meio de poda, rente ao solo, da parte aérea, e acondicionadas em sacos de papel kraft identificados; após este procedimento, as raízes foram coletadas com o auxílio de pá reta e colocadas em sacos plásticos também identificados; posteriormente, foram armazenadas em câmara fria a 6°C até a contagem dos nódulos, iniciada no dia posterior a coleta. Os nódulos foram destacados das raízes, contados manualmente e depositados em recipientes de vidro identificados. A determinação da MSN foi feita após secagem em estufa com circulação forçada de ar a 65°C , por 48 horas, até atingir peso constante.

As plantas coletadas para determinação da MSPA foram imediatamente acondicionadas em sacos de papel kraft e secas em estufa com circulação forçada de ar a 65°C , até peso constante. Depois, foram moídas em moinho tipo Willey marca TECNAL, e submetidas à análise, pelo método semi-microkjedhal

(nitrogênio total), de acordo com Sarruge e Haag (1979), para determinação do teor de N na parte aérea (TNPA). Após, calculou-se a eficiência relativa de cada tratamento, por meio da expressão: $ER = (MSPA \text{ inoculada} / MSPA \text{ com } N) \times 100$, utilizando como referência (ER=100%) a parcela adicional de cada bloco. O acúmulo de N na parte aérea (ANPA) foi calculado por meio da multiplicação da MSPA pelo TNPA.

Por ocasião da colheita (estádio R9, do ciclo cultural do feijoeiro-comum), as linhas 4 e 5 foram usadas para determinar o estande final (plantas por parcela obtidas por contagem direta), o rendimento de grãos em $kg \text{ ha}^{-1}$ (RG) e seus componentes primários, número de vagens por planta (V/P), número de grãos por vagem (G/V) e peso de cem grãos em gramas (PCG), além do teor de N nos grãos em percentagem (TNG) e acúmulo de N nos grãos em $kg \text{ ha}^{-1}$ (ANG).

Os componentes do rendimento foram determinados em amostra aleatória de 10 plantas nas linhas 4 e 5. O rendimento de grãos (RG) foi obtido a partir da massa de grãos produzida na parcela útil (linhas 4 e 5), incluindo a citada amostra de 10 plantas. A umidade inicial dos grãos foi determinada com medidor de umidade Gehaka G600, no Laboratório de Grandes Culturas do Departamento de Agricultura da UFLA, corrigindo-se posteriormente o RG e o PCG para 13% de umidade. Na determinação do TNG, foi coletada uma amostra aleatória dos grãos de cada parcela e colocada em estufa com circulação forçada de ar a 65°C, por 48 horas. Na sequência, foram moídas em moinho tipo Willey marca TECNAL e submetidas à análise, pelo método semi-microkjedhal (nitrogênio total), de acordo com Sarruge e Haag (1979), no Laboratório de Grandes Culturas do Departamento de Agricultura da UFLA. O ANG foi calculado multiplicando-se o RG pelo TNG e dividindo-se por 100.

Antes da análise de variância, os dados de cada variável foram submetidos a testes de verificação de normalidade e de homocedasticidade.

Sempre que necessário, os dados foram previamente transformados $(x+0,5)^{0,5}$, para então serem submetidos à análise de variância, aplicando o teste F e utilizando o *software* de análise estatística *Sisvar*[®] (FERREIRA, 2011). Para a comparação entre o tratamento adicional e a média do fatorial, empregou-se o teste de F , por se tratar de comparação entre duas médias.

3.3 Experimentos de campo em Lambari e Lavras-MG

Dois experimentos de campo foram conduzidos na safra de inverno, entre julho e outubro de 2014, sob irrigação convencional por aspersão, em Lavras (Área experimental do Departamento de Agricultura, UFLA), com predominância de Latossolo Vermelho distroférico típico, e em Lambari (Fazenda Experimental de Lambari da EPAMIG), com predominância de Latossolo Vermelho distrófico (EMBRAPA, 2006). O clima dos municípios é do tipo Cwa, temperado úmido, com inverno seco e verão quente e chuvoso, segundo a classificação de Köppen (VIANELLO e ALVES, 1991). Os resultados das análises química e física de amostra de solo, retirada à profundidade de 0 a 20 cm, bem como as coordenadas geográficas e a altitude dos locais se encontram na Tabela 3. Um resumo das ocorrências climáticas das regiões durante a condução dos experimentos é apresentado na Figura 2. As informações relativas a Lambari, onde a estação meteorológica se encontra desativada, foram obtidas na estação do INMET mais próxima, em São Lourenço.

O delineamento estatístico foi composto por blocos ao acaso com três repetições e esquema fatorial 6x4. Envolveu cinco fungicidas no tratamento de sementes (Tabela 1), mais uma testemunha não tratada e quatro fontes de nitrogênio (sem inoculação, inoculação via semente, inoculação via sulco de semeadura e adubação nitrogenada com 40 kg ha⁻¹ de N na semeadura + 40 kg

ha⁻¹ de N em cobertura). Com exceção deste último tratamento, os demais receberam apenas 20 kg ha⁻¹ de N na semeadura, baseando-se em trabalhos anteriores (BARROS et al., 2013; OLIVEIRA, 2013; SOARES, 2012).

A cultivar de feijoeiro-comum, a parcela experimental, a estirpe utilizada na inoculação, os procedimentos de tratamento das sementes e as doses do inoculante foram os mesmos utilizados no experimento preliminar de campo em Lavras.

A adubação de base correspondeu à aplicação de 110 kg ha⁻¹ P₂O₅, 40 kg ha⁻¹ K₂O (RIBEIRO, GUIMARÃES e ALVAREZ, 1999) e 20 kg ha⁻¹ de N, como mencionado anteriormente.

As semeaduras foram realizadas de forma manual em sistema plantio direto. Em Lambari (cultura antecessora milho) e Lavras (cultura antecessora arroz), as semeaduras foram feitas em 19 e 20 de julho, respectivamente, com 12 sementes m⁻¹, e profundidade de semeadura de 3 a 4 cm.

Em Lavras, aos 22 DAE, foi realizado o controle de plantas infestantes, com aplicação de 250g ha⁻¹ i.a de fomesafen (1 L ha⁻¹ de Flex[®]) e 175g ha⁻¹ i.a de fluazifop-p-butil (0,7 L ha⁻¹ de Fusilade[®]). Em Lambari, foi feita a aplicação de herbicida pós-emergente não seletivo, na dose de 500g ha⁻¹ do i.a. paraquat (2,5 L ha⁻¹ de Gramoxone[®]), em dessecação antes da semeadura; durante a condução do experimento, utilizou-se capina manual quando necessário.

Aos 11 DAE, em Lambari, e aos 23 DAE, em Lavras, foram aplicados, respectivamente, 10 g e 12 g ha⁻¹ de i.a. do inseticida alfa-cipermetrina (0,10 e 0,12 L ha⁻¹ de Fastac[®]) para o controle de *Pseudoplusia includens* e *Diabrotica speciosa*.

A adubação de cobertura nas parcelas do tratamento testemunha foi realizada aos 22 DAE em Lambari e 23 DAE em Lavras, entre os estádios V3 e V4 do ciclo cultural do feijoeiro-comum, com aplicação de 40 kg ha⁻¹ de N (fonte ureia).

Tabela 3 Resultados das análises química e física de amostra de solo retirada da camada de 0 a 20 cm de profundidade, antes da implantação dos experimentos, altitude e coordenadas geográficas dos locais, Lambari e Lavras-MG, 2014.

Características	Unidade	Lambari	Lavras
pH em H ₂ O (1:2,5)	-	4,80 Ba	5,80 B
K (Potássio Mehlich I)	(mg dm ⁻³)	172,00 MB	78,00 B
P (Fósforo Mehlich I)	(mg dm ⁻³)	15,03 B	2,60 MBa
Ca	(cmol _c dm ⁻³)	1,20 Ba	2,40 M
Mg	(cmol _c dm ⁻³)	0,40 Ba	0,70 M
Al	(cmol _c dm ⁻³)	0,90 M	0,10 MBa
H + Al	(cmol _c dm ⁻³)	7,87 A	2,59 M
SB	(cmol _c dm ⁻³)	2,04 M	3,30 M
t	(cmol _c dm ⁻³)	2,94 M	3,40 M
T	(cmol _c dm ⁻³)	9,91 B	5,89 M
V	(%)	20,60 Ba	56,03 M
m	(%)	30,61 M	2,94 MBa
M.O.	(dag kg ⁻¹)	5,26 B	1,75 Ba
Zn	(mg dm ⁻³)	2,83 A	1,04 M
Fe	(mg dm ⁻³)	21,41 M	91,81 A
Mn	(mg dm ⁻³)	13,85 A	19,52 A
Cu	(mg dm ⁻³)	1,70 B	0,70 Ba
B	(mg dm ⁻³)	0,21 Ba	0,21 Ba
S	(mg dm ⁻³)	36,88 MB	23,77 MB
Argila	(dag kg ⁻¹)	42,00	46,00
Silte	(dag kg ⁻¹)	12,00	9,00
Areia	(dag kg ⁻¹)	46,00	45,00
Classe Textural	-	Argilosa	Argilosa
Altitude	(m)	986,00	920,00
Latitude	-	21° 56' S	21° 13' S
Longitude	-	45° 18' W	44° 58' W

Análise realizada pelo Laboratório do Departamento de Ciência do Solo da UFLA. SB= soma de bases, T= Capacidade de troca de cátions a pH 7, t= Capacidade efetiva de troca de cátions, m= Saturação por alumínio, V= Saturação por bases, M.O= Matéria orgânica, Ba= Baixo, B= Bom, MBa= Muito baixo, MB= Muito bom, M= Médio e A= Alto (RIBEIRO, GUIMARÃES e ALVAREZ, 1999).

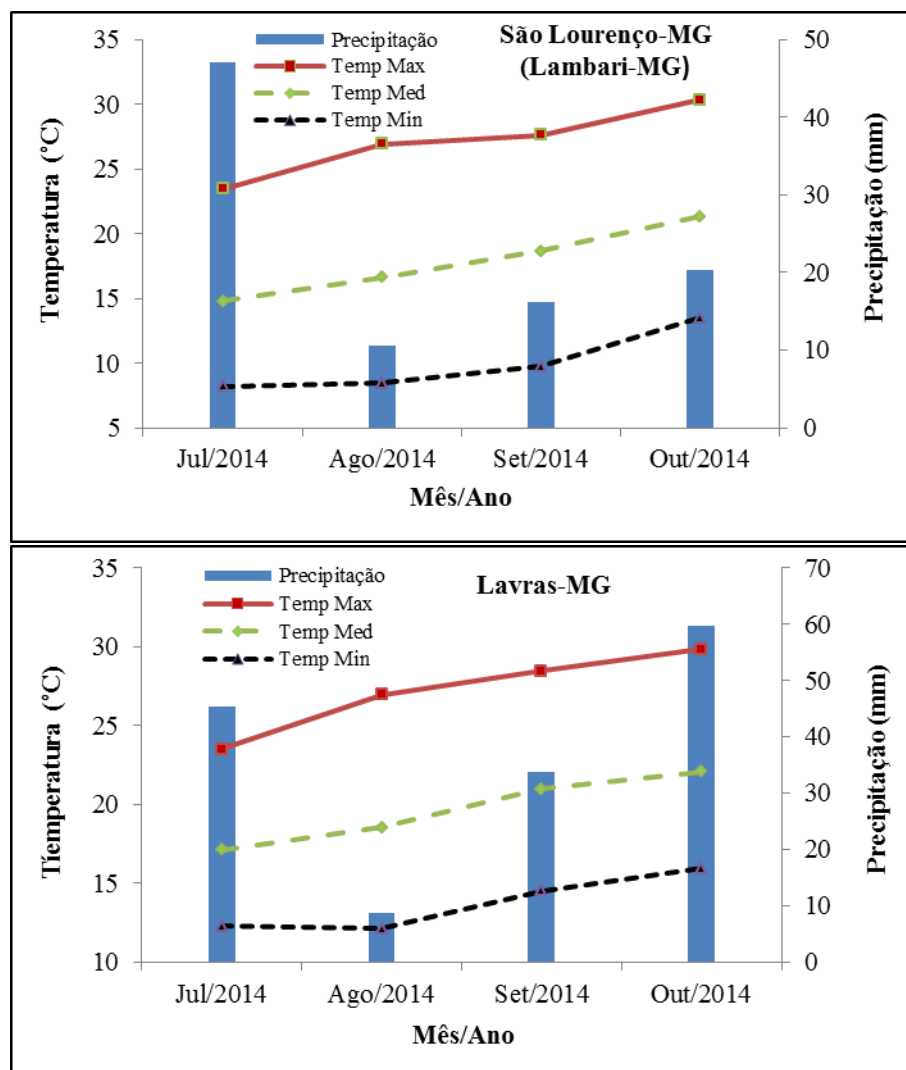


Figura 2. Variação mensal da temperatura máxima, média compensada e mínima e da precipitação pluvial de 1 de Julho a 31 de Outubro de 2014 para Lambari (São Lourenço-Lambari) e Lavras-MG. Fonte: INMET (2015).

No estágio R5 (pré-floração), em ambos os locais, foram aplicados 160 g ha⁻¹ do i.a. trifenil hidróxido de estanho (0,4 L ha⁻¹ de Mertin[®]), 98 g ha⁻¹ do i.a. tiofanato-metílico (0,14 kg ha⁻¹ de Metiltiofan[®]) e 60 g ha⁻¹ do i.a. azoxistrobina (0,12 kg ha⁻¹ de Amistar 500 WG[®]), para o controle das doenças visivelmente identificadas, Antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*), Podridão-radicular-seca (*Fusarium solani* sp. *phaseoli*) e Crestamento-bacteriano-comum (*Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*).

Nas aplicações, foi utilizada uma vazão de 200 L ha⁻¹ de calda, com bico tipo leque para os herbicidas e inseticidas e bico tipo cone para os fungicidas, conforme indicações na bula dos produtos.

As características avaliadas na plena floração, estágio R6, e por ocasião da colheita, estágio R9, do ciclo cultural do feijoeiro-comum, foram as mesmas avaliadas no experimento preliminar de campo em Lavras, com exceção da ER, que nestes ensaios foram calculados utilizando como referência (ER=100%) a parcela testemunha (dentro de cada bloco e em cada tratamento fungicida).

Foram avaliadas ainda, nas duas localidades, a incidência e a severidade de doenças nos estádios de desenvolvimento V3 (1ª folha trifoliolada aberta), R5 (pré-floração) e R7 (formação de vagens), empregando-se a escala de notas adaptada da proposta por Van Schoonhoven e Pastor-Corrales (1987), em que plantas sem sintomas receberam a nota 1 e plantas com sintomas severos a nota 9. As notas de severidade foram posteriormente transformadas em percentual de área infectada pela doença, da seguinte forma: nota 1(0%), 2 (2,5%), 3 (7,5%), 4 (15%), 5 (25%), 6 (35%), 7 (50%), 8 (70%) e a nota 9 (>80 %).

Todos os dados foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk, com auxílio do *software* de análise estatística *Sisvar*[®] e, sempre que necessário, os dados foram transformados $(x+0,5)^{0,5}$. Após este procedimento, os dados foram submetidos à análise de variância individual e aplicação do teste *F*, utilizando o *software* de análise estatística *Sisvar*[®] (FERREIRA, 2011). Uma vez

verificada, nas análises individuais, a homogeneidade dos quadrados médios residuais, realizou-se a análise de variância conjunta (GOMES, 1990). As médias foram agrupadas pelo teste de *Scott-Knott* ao nível de 5% de probabilidade.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Experimentos em Laboratório

4.1.1 Laboratório de Análise de Sementes do Departamento de Agricultura

4.1.1.1 Teste de germinação em papel

No resumo da análise de variância dos dados obtidos nos testes de germinação (Tabela 4), observa-se efeito significativo da temperatura ($p < 0,01$) sobre as características avaliadas, plântulas normais (PN), plântulas anormais (PA) e sementes mortas (SM). A interação F x T foi significativa sobre PA. O CV% mostrou a boa precisão experimental, abaixo dos encontrados por Silva et al (2008).

Tabela 4 Resumo da análise de variância (Quadrados Médios) dos dados referentes a plântulas normais (PN), plântulas anormais (PA) e sementes mortas (SM), cv. BRS MG Madrepérola, submetido a cinco tratamentos de sementes com fungicidas e um não tratado em diferentes temperaturas de germinação, Lavras, 2015.

FV	QM		
	PN ¹	PA ¹	SM ¹
Fungicida (F)	0,001814	0,000535	0,000884
Temperatura (T)	2,616551**	2,112380**	0,022571**
Tr x T	0,001751	0,001914*	0,000363
CV%	2,85	3,18	2,67

¹Dados transformados em arco seno de $(x+0,5)^{0,5}$, ** e * significativo ao nível de 1 e 5% de probabilidade pelo teste *F*.

Como pode ser observado na Tabela 5, não houve efeito dos fungicidas sobre as variáveis PN e SM que foram estatisticamente iguais ao do tratamento Testemunha, verificando que os fungicidas não causaram problemas à germinação. Conceição et al. (2014), em trabalho com sementes submetidas ao tratamento com fungicida e inseticida, com e sem adição de polímeros, observaram que estes tratamentos foram estatisticamente iguais à testemunha e afirmam que a eficiência do tratamento químico para que seja considerado eficaz não pode apresentar efeito fitotóxico sobre a qualidade fisiológica das sementes.

Tabela 5 Valores médios referentes a plântulas normais (PN), plântulas anormais (PA) e sementes mortas (SM), cv. BRS MG Madrepérola, submetido a cinco tratamentos de sementes com fungicidas e um não tratado em diferentes temperaturas de germinação, Lavras, 2015.

Tratamentos	PN ¹	PA ¹	SM ¹
Fungicida	------(%)-----		
Captana	62,33	34,17	3,50
Carboxina + tiram	59,83	35,00	5,17
Difenoconazol	62,33	33,17	4,50
Fluazinam + tiofanato-metílico	61,50	34,67	3,83
Fludioxonil + metalaxil-M	60,50	34,83	4,67
Testemunha s/ fungicida	59,67	33,17	7,17
Temperatura			
15°C	90,08 a	8,42	1,50 a
25°C	91,97 a	5,25	2,83 a
35°C	1,08 b	88,83	10,08 b
Média	61,03	34,17	4,81

As médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas pertencem ao mesmo grupo pelo teste de *Skott-Knott* ao nível de 5% de probabilidade.

Para o efeito temperatura, observa-se que o tratamento com 35°C apresentou o menor número de plântulas normais e o maior número de sementes

mortas, enquanto os tratamentos com 15°C e 25°C foram estatisticamente iguais. Este fato da reduzida PN e maior SM está diretamente relacionado ao estresse causado às sementes pela elevada temperatura, por prejudicar as rotas metabólicas e as funções enzimáticas envolvidas no processo germinativo, que é compreendido em três fases: a primeira caracterizada pela embebição das sementes; a segunda pela digestão enzimática das reservas; e a terceira onde ocorre o crescimento e desenvolvimento do eixo embrionário (ZABOT et al., 2008) e por seguinte o desenvolvimento da plântula. De acordo com Brasil (2009b), a temperatura ideal para germinação das sementes do feijoeiro-comum está em torno de 20°C a 30°C.

No desdobramento da interação para PA (Tabela 6), observa-se que todos fungicidas e a testemunha na temperatura de 35°C apresentaram a maior percentagem de plântulas anormais em comparação aos tratamentos com 15°C e 25°C. Na temperatura de 35°C, verifica-se que o tratamento testemunha teve a menor percentagem de PA em comparação aos tratamentos com fungicidas. Segundo Zobot et al (2008), o estresse causado pela alta temperatura faz com que se manifeste um aumento no número de plântulas anormais, enquanto que as temperaturas inferiores atuam como inibidoras da germinação.

O resumo da análise variância (Tabela 7) revelou o efeito significativo dos fungicidas para plântulas saudáveis (PSa), sementes viáveis e vigorosas (SVV), sementes viáveis e não vigorosas (SV) e sementes inviáveis ou mortas (IM). Os CV% mostram a boa precisão experimental alcançada nos testes empregados para todas as características, corroborando os de Silva et al. (2008) e Almeida et al. (2013).

Tabela 6 Valores médios referentes à PA (%) da interação obtida entre tratamentos e temperatura, Lavras, 2015.

Fungicida	Temperatura			Média
	15°C	25°C	35°C	
Captana	7,00 Aa	4,50 Aa	91,00 Bb	34,17
Carboxina + tiram	10,00 Aa	5,50 Aa	89,50 Bb	35,00
Difenoconazol	4,50 Aa	6,00 Aa	89,00 Bb	33,17
Fluazinam + tiofanato-metílico	8,50 Aa	4,00 Aa	91,50 Bb	34,67
Fludioxonil + metalaxil-M	10,00 Aa	4,50 Aa	90,00 Bb	34,83
Testemunha s/ fungicida	10,50 Aa	7,00 Aa	82,00 Ba	33,17
Média	8,42	5,25	88,83	34,17

As médias seguidas da mesma letra maiúsculas na linha e minúscula nas colunas pertencem ao mesmo grupo pelo teste de *Skott-Knott* ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 7 Resumo da análise de variância (Quadrados Médios) dos dados referentes à emergência total canteiro (EC), índice de velocidade de emergência (IVE), teor de água nas sementes (TA), sementes viáveis e vigorosas (SVV), sementes viáveis (SV) e sementes inviáveis (IM) e plântulas sadias (PSa), cv. BRS MG Madrepérola, submetido a cinco tratamentos de sementes com fungicidas e um não tratado, Lavras, 2015.

FV	QM						
	EC	IVE	TA	SVV	SV	IM ¹	PSa ¹
Fungicida (F)	36,18	0,26	0,31	18,70*	24,27*	0,00*	0,01**
CV%	4,54	4,77	3,11	2,97	18,19	1,31	1,58

¹Dados transformados em arco seno de $(x+0,5)^{0,5}$, ** e * significativo ao nível de 1 e 5% de probabilidade pelo teste *F*.

Na Tabela 8, são apresentados os valores médios das características relacionadas à qualidade das sementes tratadas com fungicidas e sem tratamento.

Tabela 8 Valores médios referentes à emergência total canteiro (EC), índice de velocidade de emergência (IVE), teor de água nas sementes (TA), sementes viáveis e vigorosas (SVV), sementes viáveis (SV), sementes inviáveis ou mortas (IM) e plântulas saudáveis (PSa), cv. BRS MG Madrepérola, submetidos a cinco tratamentos de sementes com fungicidas e um não tratado, Lavras, 2015.

Fungicida	EC (%)	IVE	TA	SVV	SV	IM	PSa
			------(%)-----				
Captana	95,33	7,87	13,9	81,00a	15,50b	3,50b	94,00b
Carboxina + tiram	96,33	7,94	14,1	76,00b	19,50a	4,50b	97,00a
Difenoconazol	92,67	7,70	13,6	80,00a	14,00b	6,00a	96,00a
Fluazinam + tiofanato-metílico	96,67	8,21	14,0	78,50b	15,50b	6,00a	95,00b
Fludioxonil + metalaxil-M	98,00	8,16	14,5	81,50a	15,50b	3,00b	93,50b
Testemunha s/fungicida	91,97	7,75	14,1	81,50a	12,00b	6,50a	84,00c
Média	95,11	7,94	14,0	79,75	15,33	4,92	93,25

As médias originais seguidas da mesma letra nas colunas em cada característica pertencem ao mesmo grupo pelo teste de *Skott-Knott* ao nível de 5% de probabilidade.

4.1.1.2 Teste de emergência em canteiro

Os valores médios da emergência total em canteiro (EC) e índice de velocidade de emergência (IVE) (Tabela 8) não constataram diferença significativa entre os tratamentos fungicidas e a testemunha. Isto mostra que os fungicidas não promoveram ação fitotóxica sobre a germinação e a emergência das sementes de feijoeiro-comum. O IVE apresentou pequena variação nas médias dos tratamentos, o que indica que os tratamentos de fungicidas apresentam vigor equivalente ao da testemunha com média geral de 7,94. Em campo, estes valores podem ter variações por causa das condições adversas do solo e clima, como compactação, déficit hídrico, temperaturas elevadas ou baixas, ataque de pragas e doenças, entre outros fatores externos.

4.1.1.3 Teor de água nas sementes

O teor de água nas sementes (TA) não foi significativo para todos os fungicidas e apresentou valor médio de 14% (Tabela 8). O TA tem maior influência do recipiente e do local de armazenamento do que o tratamento das sementes com fungicidas no feijoeiro-comum. Observa-se que a faixa adequada umidade das sementes para armazenamento é em torno de 11 a 14% (ALMEIDA et al., 2013). Com isto, verifica-se que o TA das sementes do presente trabalho está no limite superior considerado adequado para o armazenamento e conservação das sementes. É de suma importância a redução do teor de água das sementes, pois isto está diretamente relacionado ao metabolismo da semente. Todavia, a diminuição desta característica reduz a atividade respiratória, o consumo das reservas e, conseqüentemente, conserva as sementes por mais tempo (MENEZES e VILLELA, 2009), o que evita a perda de vigor, poder germinativo e o ataque de pragas e patógenos.

4.1.1.4 Teste tetrazólio

Este teste tem por finalidade avaliar a viabilidade e o vigor das sementes por meio do diagnóstico das possíveis causas responsáveis pela redução da qualidade das sementes por danos mecânicos, deterioração por umidade e danos de percevejo, que são os problemas que mais comumente afetam a qualidade fisiológica das sementes (FRANÇA NETO et al., 1998), principalmente das leguminosas como a soja e o feijoeiro-comum.

Na Tabela 8, observa-se que as sementes viáveis e vigorosas (SVV), influenciadas pelos tratamentos com os fungicidas Carboxina + tiram e Fluazinam + tiofanato metílico proporcionaram tendência de diminuição do vigor em comparação à Testemunha. Isto pode ser decorrente de algum

composto ou do ingrediente ativo presente nos fungicidas, que aumenta a respiração, causando a diminuição do vigor das sementes.

De acordo com Lima et al. (2013), sementes com vigor reduzido, mesmo apresentando alta porcentagem de germinação, podem resultar em baixo rendimento em campo quando submetidas a condições desfavoráveis ao seu desenvolvimento.

Observa-se para SV (Tabela 8) que o fungicida Carboxina + tiram apresentou o maior valor em comparação aos demais tratamentos, mostrando que, apesar do tratamento ter apresentado o menor valor nas SVV juntamente com o fungicida Fluazinam + tiofanato metílico, teve seu vigor diminuído pouco, o que é capaz de propiciar plântulas viáveis.

As características SVV e SV juntas mostram o vigor das sementes utilizadas no estudo, em torno de 95%, corroborando os dados de EC (Tabela 8). É possível deduzir com estes resultados que as sementes empregadas no estudo são de boa qualidade e passíveis de serem estabelecidas em campo.

Já para sementes inviáveis ou mortas (IM), os fungicidas Carboxina + tiram, Fludioxonil + metalaxil-M e Captana apresentaram o menor valor. Isto demonstra que estes fungicidas não causaram problemas fisiológicos às sementes em comparação à Testemunha, que teve 6,5% de IM. Um dos motivos possíveis para este maior valor de IM na testemunha é a quantidade de sementes/plântulas com presença do fungo fitopatogênico *Colletotrichum lindemuthianum*, que pode causar a morte das sementes. Segundo Silva et al. (2008), as sementes com presença de microrganismos fitopatogênicos são capazes de causar danos às plântulas oriundas destas, além de afetar qualidade e apresentar reflexos negativos da cultura no campo, com efeito na germinação, no vigor e na produtividade, por causar morte da semente.

Os fungicidas Fluazinam + tiofanato-metílico e Difenconazol mostraram o mesmo valor de IM da Testemunha, porém apresentaram bom

controle sobre o patógeno *Colletotrichum lindemuthianum*. Esta igualdade pode ser atribuída a alguma fitoxidade provocada pelos fungicidas para com as sementes.

4.1.2 Laboratório de Patologia de Sementes do Departamento de Fitopatologia

4.1.2.1 Teste de Sanidade das sementes

Verifica-se na Tabela 8 a percentagem de plântulas sadias (PSa) decorrente do teste de sanidade para Antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*). Todos os tratamentos apresentaram uma incidência do patógeno nas sementes, mesmo com os tratamentos de fungicidas. Observa-se que os fungicidas Carboxina + tiram e Difenconazol apresentaram o melhor controle do patógeno *Colletotrichum lindemuthianum* com 97% e 96%, respectivamente, de plântulas sadias, seguido dos fungicidas Fluazinam + tiofanato-metílico e Captana, que também mostraram eficiência no controle do patógeno em comparação à Testemunha. Ainda verifica-se que a Testemunha apresentou 16% de plântulas infectadas por *Colletotrichum lindemuthianum*. Esta alta infecção do patógeno nas sementes pode ocasionar sérios danos na produtividade do feijoeiro-comum. Segundo Costa e Rava (2009), esta doença possui elevada importância na cultura, principalmente em locais com temperaturas moderada a fria e alta umidade relativa do ar. Nestas condições, perdas relacionadas a este patógeno podem chegar a 100%, quando são semeadas sementes infectadas nas lavouras. Com isto, faz-se necessário o tratamento de sementes para diminuir a ocorrência desta doença nas áreas agricultáveis com o feijoeiro-comum.

Vechiato et al. (2001), em teste de sanidade para verificação do controle do patógeno *Colletotrichum lindemuthianum* com diferentes fungicidas no tratamento de sementes, observou que os fungicidas iprodione + carbendazim, carbendazim + thiram, iprodione + thiram e thiram reduziram significativamente o número de plântulas com sintomas de antracnose nos cotilédones. Pires et al. (2004) verificaram que os fungicidas carbendazin e benomyl são mais eficientes no controle do patógeno causador da antracnose do que o fungicida captana, no decorrer de quatro meses de armazenamento das sementes.

4.1.3 Laboratório de Microbiologia do Solo do Departamento de Ciência do Solo

4.1.3.1 Teste de sobrevivência de *Rhizobium tropici* estirpe CIAT 899^T

Na análise de variância resumida na Tabela 9, observa-se que houve efeito significativo ($p < 0,01$) dos tratamentos sobre o número de Unidades Formadoras de Colônias (UFC). Os valores do coeficiente de variação (CV%) indicaram boa precisão experimental na estimativa da característica em estudo (ALCÂNTARA NETO et al., 2014).

Tabela 9 Resumo da análise de variância (Graus de liberdade e Quadrado Médio) dos dados referentes à UFC (Unidade formadora de colônias) sementes⁻¹, submetido a cinco tratamentos de sementes com fungicidas, um não tratado, e inoculadas com a estirpe CIAT 899^T, Lavras, 2015.

FV	GL	QM UFC
Tratamentos	5	1,37**
Erro	18	0,04
CV%	-	3,94

^TDados transformados em log, ** significativo pelo teste *F* ao nível de 1% de probabilidade.

O teste de *Skott-Knott* ($p < 0,05$) para as médias de UFC mostrou uma divisão em três classes de sobrevivência (Tabela 10). A primeira, com os tratamentos Carboxina + tiram, Fluazinam + tiofanato metílico, Fludioxonil + metalaxil-M e Testemunha, situou-se na classe superior; na segunda, classe intermediária, ficou o tratamento com Difenconazol; já na terceira classe, ficou o tratamento com Captana, o qual apresentou maior mortalidade da estirpe inoculada (CIAT 899^T) em contato direto via sementes.

No tratamento das sementes com Carboxina + tiram, Fluazinam + tiofanato metílico e Fludioxonil + metalaxil-M, a sobrevivência da estirpe foi estatisticamente igual à da Testemunha, mostrando que estes fungicidas apresentam compatibilidade com a bactéria inoculada. Resultados semelhantes foram encontrados por Araújo e Araújo (2006), os quais verificaram que o fungicida à base de carboxina + tiram não apresentou efeito negativo na sobrevivência da estirpe CIAT 899^T de *R. tropici* comparado ao controle, após 24 horas de contato do inoculante com as sementes tratadas.

Tabela 10 Valores médios referentes a Unidades Formadoras de Colônias sementes⁻¹ (UFC), estirpe CIAT 899^T, obtidas por contagem direta em placa de Petri, Lavras, 2015.

Tratamentos	UFC
Captana + Ise	2,1x10 ⁴ c
Carboxina + tiram +Ise	6,7x10 ⁵ a
Difenoconazol + Ise	1,3x10 ⁵ b
Fluazinam + tiofanato-metílico + Ise	3,8x10 ⁵ a
Fludioxonil + metalaxil-M + Ise	3,5x10 ⁵ a
Testemunha s/ fungicida + Ise	5,7x10 ⁵ a
Média	3,5x10 ⁵

As médias seguidas da mesma letra na coluna pertencem ao mesmo grupo pelo teste de *Skott-Knott* ao nível de 5% de probabilidade. Médias comparadas de dados transformados em log. Ise= inoculação na semente da estirpe CIAT 899^T de *Rhizobium tropici*.

Oliveira (2013), em experimento de campo utilizando o tratamento de sementes junto com a inoculação da estirpe CIAT 899^T, observou que os fungicidas carboxina + tiram, fluazinam + tiofanato metílico e fludioxonil + metalaxil-M não promoveram redução sobre número e massa seca de nódulos da cv. BRS MG Madrepérola de feijoeiro-comum em comparação à testemunha sem tratamento de sementes. Resultados semelhantes foram observados no presente trabalho em condições de campo.

Kintschev, Goulart e Mercante (2014), em avaliações pelo método do número mais provável (NMP), diluição e infecção em plantas, para estimar o número de células de rizóbio nas sementes de feijoeiro-comum, cv. Pérola, tratadas com fungicidas e inoculadas com mistura das estirpes CIAT 899^T e PRF 81 de *Rhizobium tropici*, evidenciaram que o fungicida fluazinam + tiofanato metílico, em comparação aos demais tratamentos fungicidas, foi o mais prejudicial à sobrevivência das bactérias inoculadas nas sementes, com maior redução do número de células das bactérias inoculadas. No presente trabalho, o fungicida Fluazinam + tiofanato metílico não apresentou redução significativa em comparação à Testemunha (Tabela 10).

Os mesmos autores verificaram que o fungicida à base de fludioxonil + metalaxil-M promoveu redução de 16% no número de nódulos quando comparado com as plantas somente inoculadas. Sobre a massa seca de nódulos, os tratamentos carboxina + tiram e fludioxonil + metalaxil-M apresentaram reduções de 83,6% e 84%, respectivamente, quando comparados com as plantas de feijoeiro-comum apenas inoculadas com as estirpes CIAT 899^T e PRF 81. Resultados contrários foram encontrados no presente trabalho, tanto em laboratório quanto a campo, com o uso dos mesmos fungicidas no tratamento de semente da cv. BRS MG Madrepérola, pois os fungicidas não afetaram a sobrevivência, o número e a massa seca de nódulos.

Entre os tratamentos fungicidas, Difenconazol e Captana apresentaram a maior mortalidade das bactérias inoculadas, 76% e 96%, respectivamente, em comparação à testemunha, indicando incompatibilidade destes produtos com a estirpe CIAT 899^T e reduzindo a sobrevivência das células inoculadas. Alcântara Neto et al. (2014), estudando o efeito das combinações de fungicida, aditivo e inoculante na cultura da soja, observaram que o fungicida difenoconazol apresentou efeito deletério na sobrevivência de bactérias. Segundo Araújo e Araújo (2006), o fungicida captana reduziu a sobrevivência da estirpe CIAT 899^T em placas de Petri e, após 24 horas de exposição bactéria/fungicida, observaram a mortalidade de todas as bactérias inoculadas.

De modo geral, estes resultados corroboram os que foram encontrados na literatura, mostrando compatibilidade variável dos fungicidas empregados para com as bactérias inoculadas via semente (ARAÚJO e ARAÚJO, 2006; ALCÂNTARA NETO et al., 2014; KINTSCHEV, GOULART e MERCANTE, 2014).

4.2 Experimento preliminar de campo em Lavras-MG

Um resumo da análise de variância (quadrados médios) dos dados obtidos por ocasião do florescimento é apresentado na Tabela 11, onde se verifica que apenas houve efeito significativo ($p < 0,05\%$) de fungicidas sobre o teor de N na parte aérea (TNPA). Verifica-se ainda que não foi significativa a interação entre os dois fatores e que o contraste Fatorial vs. Adicional foi significativo no caso do TNPA e do ANPA. A análise de variância também revelou que, a julgar pelos valores do coeficiente de variação (CV%), houve boa precisão experimental na estimativa das características em estudo (Tabela 11). Mesmo no caso do número de nódulos (NN), que apresentou maior valor de CV

(28,89) %, esse valor se mostrou compatível com os normalmente observados na literatura (SOARES et al., 2006; OLIVEIRA, 2013).

No que diz respeito à nodulação, houve pequena variação entre as médias de NN e de matéria seca de nódulos (MSN) dos tratamentos do fatorial (Tabela 12). O NN variou de 203 a 290 nódulos por 10 plantas e as médias não diferiram significativamente, como já havia sido evidenciado na análise de variância. No tratamento adicional, sem inoculação de rizóbio e com adubação de 40 kg ha⁻¹ de N na semeadura e 40 kg ha⁻¹ de N em cobertura, verificou-se menor NN (179) que, entretanto, não diferiu dos demais tratamentos. Em relação à MSN, o comportamento foi semelhante, ou seja, as médias do fatorial variaram de 0,29 a 0,36 g por 10 plantas, sem diferenças significativas; o tratamento adicional teve a menor média (0,20g por 10 plantas), que também não diferiu dos demais tratamentos. Esses resultados permitem inferir que nenhum dos fungicidas reduziu a nodulação; do mesmo modo, a adubação com 20 kg ha⁻¹ de N na semeadura, utilizada nos tratamentos do fatorial, assim como a adubação de 40 kg ha⁻¹ de N na semeadura, utilizada no tratamento adicional, não foram suficientes para exercer qualquer efeito depressivo sobre a nodulação. Araújo et al. (2007) encontrou resultados semelhantes, porém houve tendência na redução do NN e MSN com o tratamento de semente com fungicidas e inoculação.

Tabela 11 Resumo da análise de variância (Quadrados Médios) dos dados referentes ao número (NN) e massa seca de nódulos (MSN), matéria seca da parte aérea (MSPA), eficiência relativa (ER) e teor (TNPA) e acúmulo de nitrogênio na parte aérea (ANPA), obtido no florescimento, cultivar BRS MG Madrepérola, Lavras, 2014.

FV	QM						
	GL	NN ¹	MSN ¹	MSPA ¹	ER ¹	TNPA	ANPA ¹
Bloco	2	19,10	0,00	4,64*	22,68**	0,19	12,74
(Tratamento)	(15)	19,64	0,01	1,15	1,46	0,24	4,30
Fungicidas (F)	4	4,31	0,00	0,99	1,08	0,35*	1,97
Fontes de N (FN)	2	39,25	0,01	3,29	4,58	0,09	10,89
F x FN	8	23,29	0,01	0,64	0,87	0,11	1,35
Fatorial vs. Adicional	1	12,44	0,01	1,55	1,50	1,15**	24,01*
Erro	30	19,39	0,01	1,35	1,78	0,12	4,17
CV%		28,89	11,90	14,51	14,30	11,11	14,10

¹Dados transformados em $(x + 0,5)^{0,5}$. *Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste *F*. **Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste *F*.

Tabela 12 Valores médios referentes ao número (NN) e massa seca de nódulos (MSN), matéria seca da parte aérea (MSPA), eficiência relativa (ER) e teor (TNPA) e acúmulo de nitrogênio na parte aérea (ANPA) obtidos no florescimento, cultivar BRS MG Madrepérola, Lavras, 2014.

Tratamento	NN	MSN	MSPA	ER	TNPA	ANPA
Fungicida	(unidade 10 plantas ⁻¹)	----- (g 10 plantas ⁻¹) -----		----- (%) -----		(mg planta ⁻¹)
Captana	250	0,32	74,11	98,67	2,84 b	206,22
Carboxina+tiram	243	0,35	65,58	90,70	3,36 a	217,67
Difenoconazol	282	0,34	60,12	83,41	3,09 a	182,56
Fluazinam+tiofanato metílico	222	0,27	61,77	84,20	3,15 a	194,56
Fludioxonil+matalaxil-M	282	0,31	59,88	85,64	3,21 a	192,78
Fontes de N						
20S+SI	290	0,36	58,12	80,75	3,04	176,33
20S+Ise	203	0,29	61,72	83,99	3,20	223,67
20S+Isul	274	0,29	73,03	100,84	3,14	196,27
Média factorial	256	0,32	64,29	88,52	3,13 b	198,76 b
Média adicional	179	0,20	76,53	100,00	3,77 a	292,67 a

As médias originais seguidas da mesma letra nas colunas em cada característica não diferem entre si pelo teste *F* ao nível de 5% de probabilidade. 20S+SI=20 kg ha⁻¹ de N na semeadura+ sem inoculação, 20S+Ise=20 kg ha⁻¹ de N na semeadura + inoculação via semente, 20S+Isul= 20 kg ha⁻¹ de N na semeadura + inoculação via sulco.

Os resultados relativos ao NN e MSN permitem observar ainda que a inoculação, seja via semente ou via sulco, não incrementou a nodulação das raízes do feijoeiro em relação ao tratamento não inoculado. Esse fato revela que o solo do experimento apresenta expressiva população de rizóbio nativo, capaz de nodular o feijoeiro de forma equivalente àquela verificada nos tratamentos inoculados com a estirpe CIAT 899^T de *Rhizobium tropici*. Rufini et al. (2011), em Lavras, também não encontraram diferenças significativas na nodulação entre as estirpes inoculadas (incluindo a CIAT 899^T) e nativas. O estabelecimento das bactérias nativas no solo pode ser reflexo da boa estrutura física, da acidez na faixa considerada adequada para desenvolvimento das bactérias, da ausência de alumínio tóxico e do teor de matéria orgânica (Tabela 2), contribuindo para sua sobrevivência no sistema solo-planta.

O crescimento do feijoeiro por ocasião do estágio R6 do ciclo cultural, avaliado pela massa da matéria seca da parte aérea (MSPA), pode ser observado na Tabela 12. Os valores médios da MSPA variaram de 58,12 a 73,03 g por 10 plantas nos tratamentos do fatorial e alcançaram 76,53g por 10 plantas no tratamento adicional, sem diferenças significativas entre eles. Esses resultados permitem afirmar que todos os tratamentos empregados no experimento tiveram o mesmo efeito sobre o crescimento do feijoeiro. Desse modo, os fungicidas utilizados no tratamento de sementes não apresentaram nenhum efeito fitotóxico sobre o feijoeiro, de modo a reduzir ou atrasar o seu crescimento. Como não foram observados no experimento quaisquer problemas relativos a doenças, também não foi possível detectar qualquer efeito dos fungicidas na melhoria das condições sanitárias, de forma a alterar o crescimento do feijoeiro. Os resultados relacionados à MSPA permitem ainda afirmar que nem as adubações nitrogenadas de base (20 ou 40 kg ha⁻¹ de N na semeadura), nem a inoculação com rizóbio exerceram influência sobre o crescimento do feijoeiro.

O resultado dos tratamentos sobre a MSPA pode ser confirmado pelos resultados obtidos com a eficiência relativa (ER), mostrados na Tabela 12. Essa variável, calculada em comparação ao crescimento do tratamento adicional, ao qual foi atribuído eficiência de 100%, mostra o potencial relativo de cada tratamento em proporcionar o crescimento da parte aérea do feijoeiro. Desse modo, os tratamentos do fatorial foram capazes de proporcionar crescimentos que alcançaram de 80,7% a 98,7% do crescimento do tratamento adicional. Em outras palavras, o crescimento proporcionado pelos fungicidas, adubações e inoculação oscilou entre valores cuja diferença em comparação ao tratamento adicional não apresentou mais de 20%, caracterizando diferenças de pequena magnitude, que não se mostraram estatisticamente significativas.

O teor de N na parte aérea (TNPA) determinado analiticamente em laboratório se mostrou significativamente influenciado pelos fungicidas (Tabela 11). Apesar da significância verificada, entretanto, a diferença entre a menor média (tratamento com Captana) e as médias dos demais tratamentos foi de pequena grandeza (Tabela 12), sem importância prática, e que pode ter sido detectada como consequência da boa precisão experimental alcançada (Tabela 11). Pode-se afirmar, portanto, que a população nativa de rizóbio deste solo, aliada a 20 kg ha⁻¹ de N na semeadura, é capaz de proporcionar teores de N na parte aérea comparáveis àqueles proporcionados pelos métodos de inoculação, via sulco de semeadura (20S+Isul) e via semente (20S+Ise).

Na análise de variância, o contraste Fatorial vs. Adicional foi significativo no caso do TNPA determinado analiticamente em laboratório e ANPA calculado a partir da MSPA e TNPA (Tabela 11). Para estas características, quando se comparou a média dos tratamentos do fatorial com a média do tratamento adicional, verificou-se que este último proporcionou maior teor de N. Este fato pode ter sido consequência do maior aporte de N (40 kg ha⁻¹

de N na semeadura e 40 kg ha⁻¹ de N em cobertura) em relação aos tratamentos do fatorial, que receberam apenas 20 kg ha⁻¹ de N na semeadura.

Na Tabela 13 é apresentado um resumo da análise de variância (quadrados médios) dos dados referentes a estande final (EF), número de vagens planta⁻¹ (V/P), número de grãos vagem⁻¹ (G/V), peso de cem grãos (PCG), teor (TNG) e acúmulo de nitrogênio nos grãos (ANG) e rendimento de grãos (RG), todos coletados ao final do ciclo cultural (estádio R9). Verifica-se que não houve efeito significativo ($p > 0,05\%$) dos tratamentos, nem da interação entre eles, sobre as características avaliadas. Do mesmo modo, não foi significativo o contraste fatorial vs. adicional. A análise de variância também revelou que, a julgar pelos valores do coeficiente de variação (CV%), houve boa precisão experimental na estimativa das características em estudo (OLIVEIRA et al., 2009) e os valores se mostraram compatíveis com os normalmente observados na literatura (NOGUEIRA, 2005; SOARES et al., 2006).

Tabela 13 Resumo da análise de variância (Quadrados Médios) e graus de liberdade (GL) dos dados referentes a estande final (EF), vagem por planta (V/P), grãos por vagem (G/V), peso de cem grãos (PCG), rendimento de grãos (RG) e teor (TNG) e acúmulo de nitrogênio nos grãos (ANG), obtidos na maturação, cultivar BRS MG Madrepérola, Lavras, 2014.

FV	QM							
	GL	EF ¹	V/P	G/V ¹	PCG ¹	RG ¹	TNG	ANG ¹
Bloco	2	0,01	25,75	0,00	1,89	9,25	0,13	0,44
(Tratamento)	(15)	0,98	5,30	0,00	1,20	7,91	0,13	0,26
Fungicidas (F)	4	0,41	6,74	0,00	1,52	4,15	0,19	0,15
Fontes de N (FN)	2	0,29	1,82	0,00	2,62	6,13	0,14	0,67
F x FN	8	1,40	3,16	0,01	0,69	9,58	0,08	0,25
Fatorial vs. Adicional	1	1,31	23,58	0,01	1,26	13,05	0,19	0,02
Erro	30	0,52	10,36	0,01	1,91	12,92	0,13	0,72
CV%	-	6,67	21,57	4,20	5,83	9,52	11,79	12,78

¹Dados transformados em $(x + 0,5)^{0,5}$.

Os valores médios das características avaliadas no estágio R9 do ciclo cultural do feijoeiro são apresentados na Tabela 14. Entre os tratamentos do fatorial, os quais receberam apenas 20 kg ha⁻¹ de N na semeadura, o EF variou de 112 a 122 mil plantas por hectare, com média de 118 mil plantas por hectare. No tratamento adicional, o EF médio foi de 103 mil plantas por hectare e esta redução, embora não significativa, certamente foi resultante da maior dose de N empregada na semeadura (40 kg ha⁻¹ de N). Kikuti et al. (2005) comprovaram que o nitrogênio associado ao potássio, aplicados em elevadas doses, aumentou a mortalidade de plantas de feijão, fato explicado devido ao efeito salino do fertilizante sobre a germinação e a emergência das plântulas. Na literatura, existem diversos relatos sobre o efeito salino do fertilizante nitrogenado empregado em doses equivalentes ao do presente estudo (ALVES JÚNIOR et al., 2009; ARF et al., 2011). O baixo EF, encontrado no presente experimento, deve-se também às condições climáticas (Figura 1), observadas no período inicial de desenvolvimento das plântulas do feijoeiro-comum, mostrando baixa ocorrência pluviométrica e temperaturas mais elevadas. Este fato pode ter diminuído a disponibilidade de água do solo para o bom desenvolvimento e estabelecimento das plântulas.

O rendimento médio de grãos dos tratamentos do fatorial variou de 1356 a 1484 kg ha⁻¹, com média de 1425 kg ha⁻¹, enquanto no tratamento adicional o rendimento de grãos foi de 1605 kg ha⁻¹ (Tabela 14). Esta tendência de maior rendimento de grãos no tratamento adicional resulta do maior aporte de N durante o ciclo cultural do feijoeiro, que neste caso recebeu, como já mencionado, um total de 80 kg ha⁻¹ de N (40 kg ha⁻¹ de N na semeadura e 40 kg ha⁻¹ de N em cobertura). Deve ser registrado, entretanto, que esta resposta ao N não foi suficiente para proporcionar um aumento que pudesse ser detectado como significativo na análise de variância. Vale ressaltar ainda que a produtividade média alcançada no presente experimento situou-se abaixo do

esperado, principalmente considerando o nível tecnológico empregado (vide Material e Métodos) e as produtividades médias, mineira e nacional, nesta mesma safra, da ordem de 1.530 kg.ha^{-1} e 1.059 kg.ha^{-1} , respectivamente (CONAB, 2015).

Os componentes primários do rendimento de grãos (número de vagens por planta-V/P, número de grãos por vagem-G/V e peso médio de cem grãos-PCG) não foram influenciados pelos tratamentos fungicidas aplicados às sementes, pela inoculação, pela interação entre estes fatores e pelo contraste fatorial vs. adicional (Tabelas 13 e 14). A maior diferença, embora não significativa, ocorreu em relação ao número de vagens por planta, na comparação entre a média dos tratamentos do fatorial, 15 vagens, e a média do tratamento adicional, 18 vagens por planta (Tabela 14).

Esse resultado mostra o mesmo comportamento encontrado para o rendimento de grãos e é indício de consistência dos dados, já que o número de vagens é o componente primário que mais se correlaciona com o rendimento. Andrade et al. (2001) concluíram que o maior número de vagens por planta é reflexo da utilização de nitrogênio na semeadura complementada com adubação nitrogenada de cobertura, explicando assim o fato de o adicional se sobressair em relação aos outros tratamentos. De qualquer forma, entretanto, no presente trabalho pode-se concluir que nenhum dos componentes do rendimento se mostrou afetado pelos tratamentos fungicidas e nem pela presença ou pelo tipo de inoculação.

Tabela 14 Valores médios de estande final (EF), vagem por planta (V/P), grãos por vagem (G/V), peso de cem grãos (PCG), rendimento de grãos de feijão (RG) e teor (TNG) e acúmulo de nitrogênio nos grãos (ANG), obtidos na maturação, cultivar BRS MG Madrepérola, Lavras, 2014.

Tratamento	EF	V/P	G/V	PCG	RG	TNG	ANG
Fungicida	(mil plantas ha ⁻¹)	----(unidade)----		(g)	(kg ha ⁻¹)	(%)	(kg ha ⁻¹)
Captana	122	15	5,3	24,02	1459	3,00	43,89
Carboxina+ tiram	122	14	5,5	23,83	1484	2,92	43,33
Difenoconazol	112	16	5,3	23,18	1406	3,25	46,23
Fluazinam + tiofanato-metílico	119	16	5,3	24,24	1418	3,23	45,58
Fludioxonil+ metalaxil-M	114	14	5,4	23,59	1356	3,05	41,74
Fontes de N							
20S+SI	114	15	5,4	23,52	1379	2,98	41,08
20S+Ise	120	14	5,4	23,54	1416	3,12	44,24
20S+Isul	120	15	5,3	24,25	1479	3,17	47,15
Média factorial	118	15	5,4	23,77	1425	3,09	44,15
Média adicional	103	18	5,2	23,10	1605	2,83	45,44

20S+SI=20 kg ha⁻¹ de N na semeadura+ sem inoculação, 20S+Ise=20 kg ha⁻¹ de N na semeadura + inoculação via semente, 20S+Isul= 20 kg ha⁻¹de N na semeadura + inoculação via sulco.

O teor (TNG) e o acúmulo de N (ANG) nos grãos do feijão não foram influenciados pelos tratamentos e nem pela interação entre eles. Também não se detectou significância para a interação ou para o contraste fatorial vs. adicional (Tabela 13). De fato, os valores médios dessas variáveis-resposta oscilaram muito pouco e não mostraram qualquer tendência (Tabela 14). Pode-se afirmar, portanto, que nem os fungicidas aplicados às sementes, nem as adubações nitrogenadas (20 ou 40 kg ha⁻¹ de N) e as inoculações (via semente ou via sulco) foram capazes de alterar o conteúdo de N nos grãos de feijão.

É necessário ainda considerar que, em parte, o delineamento experimental adotado, com tratamento adicional, dificultou as comparações entre as combinações do fatorial e o tratamento que recebeu 80 kg ha⁻¹ N. Na realidade, o que se comparou foi este último tratamento em relação à média do fatorial, o que não tem muito significado, pois os tratamentos do fatorial são bastante diferentes. Seria recomendável, em futuros trabalhos, que se evite o emprego de tratamentos adicionais, procurando, se possível, constituir um fatorial completo, sem restrição nas comparações entre médias dos tratamentos.

4.3 Experimentos de campo em Lambari e Lavras-MG

4.3.1 Características avaliadas no estágio R6

Na análise de variância conjunta dos dados obtidos por ocasião do florescimento, ou estágio R6 do ciclo cultural do feijoeiro (Tabela 15), observou-se significância ($p < 0,01$) de locais (L) sobre número de nódulos (NN), massa seca de nódulos (MSN) e sobre o teor (TNPA) e acúmulo de N na parte aérea (ANPA). Houve efeito significativo ($p < 0,01$) das fontes de N (FN) sobre NN, MSN, TNPA e ANPA. Foram ainda significativas as interações L x FN para MSN ($p < 0,01$) e L x F x FN para TNPA ($p < 0,05$). Os valores do

coeficiente de variação (CV%) evidenciaram boa precisão experimental (FIGUEIREDO, 2012; FONSECA, 2014) e se mostraram compatíveis aos encontrados por Soares (2012) e Oliveira (2013).

4.3.1.1 Nodulação

Como pode ser observado na Tabela 16, o NN em Lavras foi superior ao de Lambari. Este fato pode ser devido aos atributos dos solos dos dois locais, pois em Lambari eram maiores a acidez do solo e os teores de alumínio e matéria orgânica (Tabela 3). Os dois primeiros podem ter resultado em menor desenvolvimento do sistema radicular e menor sobrevivência das bactérias introduzidas, enquanto o elevado teor de matéria orgânica pode ter causado inibição da nodulação pelo maior fornecimento de nitrogênio ao sistema solo-planta pela sua decomposição. O feijoeiro-comum é uma das espécies cultivadas mais sensíveis à acidez do solo e nos solos ácidos há menor crescimento, tanto das raízes como da parte aérea das plantas (HUNGRIA e VARGAS, 2000; ANDRADE, CARVALHO e VIEIRA, 2006). Campanharo et al. (2010), em experimento em casa de vegetação com a cv. Princesa de feijoeiro inoculada com a estirpe CIAT 899^T e solos de diferentes valores de pH (4,0; 4,5; 5,0 e 5,5), observaram que maior acidez do solo e elevados teores de alumínio influenciam negativamente o desenvolvimento e a nodulação do feijoeiro.

A nodulação nas raízes do feijoeiro também foi influenciada pelas fontes de N, pois o tratamento com 40 kg ha⁻¹ N na semeadura e 40 kg ha⁻¹ N em cobertura apresentou menor NN em relação aos demais (Tabela 16). No caso da MSN, este efeito se mostrou dependente do local e, no desdobramento da interação locais x fontes de N, observa-se que em Lambari não houve diferença entre as fontes de N, mas em Lavras o tratamento 40S+40C apresentou menor MSN (Tabela 17), coincidindo com o verificado para o NN.

Tabela 15 Resumo da análise de variância (Quadrados Médios) dos dados referentes a número de nódulos (NN), massa seca de nódulos (MSN), massa seca da parte aérea (MSPA), eficiência relativa (ER) e teor (TNPA) e acúmulo de nitrogênio na parte aérea (ANPA), obtidos no florescimento, cultivar BRS MG Madrepérola, Lambari e Lavras, 2014.

FV	QM					
	NN ¹	MSN ¹	MSPA	ER ¹	TNPA	ANPA
Local (L)	12359,3**	30,63**	658,78	0,93	11,61**	29440,00**
Fungicida (F)	36,47	0,13	300,90	0,68	0,08	3631,97
Fontes de N (FN)	395,37**	1,10**	474,47	1,55	0,79**	14914,77**
LxF	7,14	0,13	440,35	3,88	0,04	5775,94
LxFN	15,94	0,51**	74,77	0,32	0,05	1255,14
FxFN	31,73	0,04	203,24	0,89	0,14*	2204,94
LxFxFN	48,15	0,14	218,37	1,15	0,14*	3198,04
Bloco (Local)	197,55**	0,62**	232,73**	4,24	0,14	3295,15
CV%	35,99	24,98	22,41	15,74	8,03	21,14

¹Dados transformados em $(x+0,5)^{0,5}$; ** e *Significativo ao nível de 1 e 5% de probabilidade pelo teste *F*, respectivamente.

Moreira e Siqueira (2006) mencionam que o excesso de N-mineral no solo reduz a nodulação pela falta de estímulos relacionados à deficiência nutricional entre a planta hospedeira e a bactéria, que induzem a formação de sítios de infecção. Kaneko et al. (2010), Valadão et al. (2009) e Pelegrin et al. (2009) observaram que o N fornecido por meio da adubação mineral reduz a simbiose planta-bactéria diminuindo, conseqüentemente, o número e a massa seca dos nódulos, com reflexos negativos no estabelecimento e reprodução das bactérias fixadoras de N nas raízes do feijoeiro-comum, prejudicando a FBN. Do mesmo modo, Soares (2012), avaliando a inoculação de sementes de feijão com a estirpe CIAT 899^T de *Rhizobium tropici* e doses de nitrogênio em semeadura e cobertura, verificou que nos tratamentos com altas doses de nitrogênio mineral, iguais ou superiores a 40 kg ha⁻¹, as médias de MSN foram menores, caracterizando efeito inibitório do N-mineral sobre as bactérias fixadoras de nitrogênio.

No presente trabalho, o tratamento que não recebeu inoculação teve o mesmo comportamento que os tratamentos que receberam a inoculação via sulco de semeadura e via semente, podendo-se deduzir que as bactérias nativas de ambos os solos são tão capazes de nodular o feijoeiro-comum quanto à estirpe CIAT 899^T inoculada (Tabelas 16 e 17).

Os produtos fungicidas empregados no tratamento das sementes não influenciaram a nodulação e mostraram valores de NN e MSN equivalentes aos da testemunha sem tratamento de sementes. Foram encontrados valores de 443 a 584 nódulos por 10 plantas, com pesos médios variando de 1,38 a 2,04 g, mostrando pequena variação entre os tratamentos. Resultados semelhantes foram encontrados por Oliveira (2013), que não detectou diminuição no número de nódulos e na massa seca de nódulos da cv. BRS MG Madrepérola inoculada com a estirpe CIAT 899^T quando realizou o tratamento de sementes com os fungicidas carboxina + tiram, carbendazin, fluazinam + tiofanato metílico e

fludioxonil + metalaxil-M. Em contrapartida, existem trabalhos, envolvendo fungicidas e inoculação no feijoeiro-comum, que relatam incompatibilidade de produtos fungicidas com bactérias fixadoras de nitrogênio (ARAÚJO e ARAÚJO, 2006; ARAÚJO et al., 2007, KINTSCHEV, GOULART e MERCANTE, 2014).

Araújo e Araújo (2006), em trabalho associando a inoculação (estirpe CIAT 899^T) com tratamentos fungicidas (Benlate, Captan, Vitavax, Rhodiauran, Terraclor e Vitavax-Thiran) nas sementes, verificaram que o fungicida Rhodiauran (tiram) diminuiu o número e a massa seca dos nódulos e que o Vitavax-Thiram (carboxina + tiram) reduziu a massa seca dos nódulos. Vale ressaltar que no presente trabalho o produto Carboxina + tiram não causou qualquer dano ao número e massa seca de nódulos.

No trabalho de Kintschev, Goulart e Mercante (2014), com a inoculação (estirpes CIAT 899^T e PRF 81) de sementes da cv. Pérola e o tratamento das sementes com o fungicida fluazinam + tiofanato metílico, houve redução de 21% no número de nódulos, enquanto os fungicidas carboxina + tiram e fludioxonil + metalaxil-M reduziram em 83,6% e 84%, respectivamente, a matéria seca de nódulos, em comparação com o tratamento sem fungicida das sementes e apenas inoculado com as estirpes de rizóbio. No presente trabalho, como já mencionado, não houve influência dos fungicidas na nodulação e essas diferenças entre resultados provavelmente são consequência da existência de muitos fatores que atuam na FBN e que envolvem solo, clima, macro e microssimbionte (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006; MORAES et al., 2010).

Tabela 16 Valores médios referentes a número de nódulos (NN), massa seca de nódulos (MSN), massa seca da parte aérea (MSPA), eficiência relativa (ER) e teor (TNPA) e acúmulo de nitrogênio na parte aérea (ANPA), obtidos no florescimento, cultivar BRS MG Madrepérola, Lambari e Lavras, 2014.

Tratamento	NN ¹	MSN ¹	MSPA	ER ¹	TNPA	ANPA
Fungicida	(unidade 10 plantas ⁻¹)	---(g 10 plantas ⁻¹)---		-----(%)------		(mg plantas ⁻¹)
Captana	584	1,38	71,59	97,02	3,47	249,54
Carboxina + tiram	471	1,39	74,25	97,99	3,35	247,00
Difenoconazol	507	2,04	77,84	106,72	3,42	265,25
Fluazinam + tiofanato-metílico	540	1,53	71,35	99,20	3,33	233,67
Fludioxonil + metalaxil-M	443	1,71	77,48	102,78	3,32	254,58
Testemunha s/ fungicida	528	1,93	69,12	98,42	3,37	233,50
Fontes de N						
20S+SI	524 a	1,71	70,94	99,37	3,34	235,83 b
20S+Ise	569 a	2,11	77,04	105,87	3,35	256,47 a
20S+Isul	634 a	1,96	70,03	96,19	3,24	225,72 b
40S+40C	320 b	0,88	76,41	100,00	3,59	271,00 a
Locais						
Lambari	141 b	0,31	71,46	97,91	3,67 a	261,56 a
Lavras	882 a	3,01	75,74	102,80	3,09 b	232,96 b
Média	512	1,66	73,60	100,36	3,38	247,26

As médias originais seguidas da mesma letra nas colunas em cada característica pertencem ao mesmo grupo pelo teste de *Skott-Knott* ao nível de 5% de probabilidade. 20S+SI=20 kg ha⁻¹ N na semeadura + sem inoculação, 20S+Isul=20 kg ha⁻¹ N na semeadura + inoculação via sulco, 20S+Ise=20 kg ha⁻¹ N na semeadura + inoculação via semente e 40S+40C=40 kg ha⁻¹ de N na semeadura + 40 kg ha⁻¹ de N em cobertura.

Tabela 17 Valores médios referentes à MSN (em g) da interação obtida entre locais e fontes de N, Lambari e Lavras, 2014.

Fontes de N	Locais		Média
	Lambari	Lavras	
20S+SI	0,37 Ba	3,05 Aa	1,71
20S+Ise	0,40 Ba	3,82 Aa	2,11
20S+Isul	0,34 Ba	3,58 Aa	1,96
40S+40C	0,14 Ba	1,61 Ab	0,88
Média	0,31	3,01	1,66

As médias seguidas da mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas pertencem ao mesmo grupo pelo teste de *Skott-Knott* ao nível de 5% de probabilidade. Médias comparadas a partir de dados transformados $(x+0,5)^{0,5}$

4.3.1.2 Crescimento e nutrição nitrogenada no feijoeiro-comum

O crescimento do feijoeiro, avaliado pela massa seca da parte aérea (MSPA) e pela eficiência relativa (ER), não foi influenciado significativamente pelos tratamentos (Tabela 15). De fato, observa-se que os valores médios de ambas as variáveis mostraram pequena amplitude (Tabela 16).

Os solos dos dois locais foram capazes de promover bom crescimento das plantas, apresentando ligeiro aumento da MSPA em Lavras (Tabela 16), porém não significativo (Tabela 15). Igualmente, não foram observados quaisquer efeitos dos tratamentos de semente com fungicidas e nem das fontes de N sobre o crescimento das plantas do feijoeiro-comum. Desse modo, pode-se afirmar que as adubações de base com 20 kg ha⁻¹ e 40 kg ha⁻¹ de N, bem como as inoculações via semente ou via sulco de semeadura e mesmo as bactérias nativas, mostraram comportamentos equivalentes no crescimento do feijoeiro-comum.

Souza, Soratto e Pagani (2011), Silva et al. (2009) e Kaneko et al. (2010) também não verificaram diferenças significativas na massa seca da parte

aérea com a inoculação de *R. tropici* e constataram presença de bactérias fixadoras de N₂ nativas no solo, que foram capazes de promover o crescimento das plantas de forma equivalente aos tratamentos inoculados. No trabalho de Souza, Soratto e Pagani (2011), entretanto, a aplicação de N mineral proporcionou incremento na massa seca na parte aérea do feijoeiro.

A eficiência relativa (ER), calculada com o objetivo de comparar o crescimento das plantas de cada tratamento com o obtido no tratamento que recebeu 80 kg ha⁻¹ de N (40 kg ha⁻¹ de N na semeadura e 40 kg ha⁻¹ de N em cobertura), ao qual se atribuiu o valor 100%, leva às mesmas considerações feitas em relação à MSPA. Os valores médios de ER na Tabela 16 variaram de 96,19% a 106,72% e isto significa dizer que os tratamentos fungicidas não foram tóxicos para o desenvolvimento das plantas e que os 20 kg ha⁻¹ de N presentes nos tratamentos inoculados e na testemunha sem inoculação foram capazes de promover um crescimento equivalente ao proporcionado pelo tratamento com 80 kg ha⁻¹ de N.

Pode-se afirmar ainda que, em relação à ER, as bactérias nativas associadas com 20 kg ha⁻¹ foram tão eficientes quanto às bactérias introduzidas pela inoculação (Tabela 16). Resultados semelhantes foram observados por Soares et al. (2006), Ferreira et al. (2009) e Oliveira (2013).

Em Lavras, a ER foi de 102,80% e em Lambari, de 97,91% (Tabela 16), mostrando também pequena variação em relação aos locais de cultivo.

O teor (TNPA) e acúmulo de nitrogênio na parte aérea (ANPA) apresentaram, de alguma forma, significativamente influenciados pelos tratamentos empregados (Tabela 15).

Segundo Malavolta, Vitti e Oliveira (1997), teores de nitrogênio na parte aérea (TNPA) entre 3% e 5% de N são considerados adequados para uma boa nutrição mineral de N durante o estágio R6, pleno florescimento. Observa-se que, de acordo com essa variável, todos os tratamentos apresentaram valores

próximos daqueles limites. Isto mostra que tanto as inoculações (via semente e via sulco), como as bactérias nativas e a adubação mineral foram capazes de fornecer a nutrição adequada para o desenvolvimento e produção da cultivar BRS MG Madrepérola de feijoeiro-comum (Tabela 16). Verifica-se que o TNPA, determinado analiticamente em laboratório, foi menor em Lavras-3,09% do que em Lambari-3,67 % (Tabela 16). O maior teor de matéria orgânica presente no solo de Lambari (Tabela 3) pode ter sido uma característica decisiva para que as plantas atingissem maior TNPA em relação a Lavras.

No presente trabalho, houve significância da interação tripla entre locais x fungicidas x fontes de N sobre o TNPA (Tabela 15) e o seu desdobramento pode ser visto na Tabela 18. Dentro do fator local, verificou-se que em Lambari os fungicidas Carboxina + tiram, Fluazinam + tiofanato-metílico, Difenconazol e Fludioxonil+metalaxil-M apresentaram situações de menores valores para esta variável. Em Lavras, os tratamentos com Carboxina + tiram, Difenconazol e Fludioxonil+metalaxil-M também proporcionaram situações de menor TNPA.

Quanto ao comportamento das fontes de N, verifica-se que em ambos os locais o tratamento 40S + 40C sempre esteve entre os de maior TNPA, certamente devido ao maior aporte de N para as plantas. A combinação de 40S+40C com não tratamento de sementes (Testemunha) obteve o maior valor absoluto observado, TNPA = 4,20%. As demais fontes, com menor fornecimento de N, apresentaram algumas combinações de menor teor do nutriente (Tabela 18).

É necessário ressaltar, entretanto, que para dispensar a utilização de tratamento das sementes, elas devem apresentar alta qualidade genética, fisiológica e ser isentas de fitopatógenos importantes ou pragas quarentenárias (OLIVEIRA, 2013). Sabe-se que o objetivo do tratamento de sementes, em especial, é o controle de microrganismos disseminados via semente e a proteção inicial de sementes e plântulas dos microrganismos presentes no solo.

Tabela 18 Valores médios referentes à TNPA (%) da interação tripla obtida entre fungicida, fontes de N e locais, Lambari e Lavras, 2014.

Fungicida	Fontes de N			
	Lambari (a)			
	20S+SI	20S+Ise	20S+Isul	40S+40C
Captana	3,63Ba	4,07Aa	3,47 Ba	3,97Aa
Carboxina + tiram	3,67Aa	3,57Ab	3,27 Aa	3,93Aa
Difenoconazol	3,77Aa	3,57Ab	3,77 Aa	3,53Ab
Fluazinam + tiofanato-metílico	3,83Aa	3,23Bb	3,47 Ba	3,97Aa
Fludioxonil+metalaxil-M	3,60Aa	3,50Ab	3,50 Aa	3,67Ab
Testemunha s/ fungicida	3,47Ba	3,87Aa	3,33 Ba	4,20Aa
Lavras (b)				
Captana	2,93Aa	3,35Aa	3,08Aa	3,28Aa
Carboxina + tiram	3,21Aa	2,77Ab	3,08Aa	3,33Aa
Difenoconazol	3,18Aa	3,01Ab	3,21Aa	3,31Aa
Fluazinam + tiofanato-metílico	2,81Ba	3,41Aa	2,67Ba	3,21Aa
Fludioxonil+metalaxil-M	3,11Aa	2,87Ab	2,94Aa	3,35Aa
Testemunha s/ fungicida	2,84Aa	2,94Ab	3,04Aa	3,28Aa
Média	3,34	3,35	3,24	3,59

As médias seguidas da mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas dentro de cada local pertencem ao mesmo grupo pelo teste de *Skott-Knott* ao nível de 5% de probabilidade.

Também deve ser mencionado que, de modo geral, os valores médios do TNPA situaram-se dentro dos limites mínimos de uma boa nutrição nitrogenada, o que mostra que todos os tratamentos foram capazes de promover absorção e assimilação adequadas do N pelo feijoeiro-comum.

O acúmulo de nitrogênio na parte aérea das plantas (ANPA), por sua vez, variou com o local e com a fonte de N (Tabela 15). Em Lambari, o acúmulo foi 12% maior que o de Lavras (Tabela 16), o que se mostra coerente com os resultados de TNPA determinados analiticamente em laboratório.

Entre as fontes de N, o tratamento 20S+Ise não diferiu significativamente do tratamento 40S+40C, evidenciando que as bactérias

introduzidas via semente foram capazes de promover acúmulo de N na parte aérea equivalente ao do tratamento com 80 kg ha⁻¹ de N. Observou-se ainda que as bactérias introduzidas via sulco de semeadura tiveram comportamento semelhante ao das nativas do solo. Este fato pode ser decorrente de menor sobrevivência ou de maior competição com as bactérias nativas, mais adaptadas às condições edafoclimáticas.

Com relação ao efeito dos fungicidas, não houve diferença significativa entre eles e a testemunha não tratada, confirmando que os fungicidas não interferiram no acúmulo de N das plantas (ANPA), da mesma forma que não influenciaram no crescimento (MSPA) do feijoeiro-comum.

4.3.2 Características avaliadas no estágio R9

Observa-se, na Tabela 19, um resumo da análise de variância conjunta dos dados referentes à maturação (estádio R9). Houve efeito significativo ($p < 0,01$ ou $p < 0,05$) de locais (L) sobre todas as características, de fungicidas (F) sobre estande final (EF) e das fontes de N (FN) sobre EF, teor de N nos grãos (TNG), acúmulo de N nos grãos (ANG) e peso de cem grãos (PCG). Foram significativas as interações L x F sobre EF, L x FN sobre PCG e L x F x FN sobre o número de grãos por vagem (G/V). A julgar pelos valores dos coeficientes de variação, foi boa a precisão experimental obtida no presente trabalho (SOARES, 2012; FIGUEIREDO, 2012; FONSECA, 2014; OLIVEIRA, 2013).

Tabela 19 Resumo da análise de variância (Quadrados Médios) dos dados referentes a estande final (EF), vagem por planta (V/P), grãos por vagem (G/V), peso de cem grãos (PCG), rendimento de grãos (RG) e teor (TNG) e acúmulo de nitrogênio nos grãos (ANG), obtidos na maturação, cultivar BRS MG Madrepérola, Lambari e Lavras, 2014.

FV	QM						
	EF	V/P	G/V ¹	PCG ¹	RG ¹	TNG	ANG
Local (L)	1959,76**	445,91**	0,97**	0,19**	1650,51**	1,19*	15599,39**
Fungicida (F)	2182,32**	21,44	0,01	0,01	29,16	0,09	179,70
Fontes de N (FN)	783,35*	18,45	0,01	0,09**	40,50	0,68*	801,64*
LxF	3585,61**	3,67	0,02	0,03	4,39	0,28	56,35
LxFN	431,45	21,39	0,05	0,10**	9,56	0,21	214,00
FxFN	292,55	8,77	0,02	0,02	24,72	0,26	274,91
LxFxFN	207,91	12,56	0,08*	0,03	39,76	0,14	318,62
Bloco (Local)	849,97	29,35	0,10*	0,05	149,67**	1,28**	634,57
CV%	9,39	24,95	9,26	3,08	16,35	11,74	30,34

¹Dados transformados por $(x+0,5)^{0,5}$; ** e *Significativo ao nível de 1 e 5% de probabilidade pelo teste *F*, respectivamente.

Tabela 20 Valores médios referentes a estande final (EF), vagem por planta (V/P), grãos por vagem (G/V), peso de 100 grãos (PCG), rendimento de grãos (RG) e teor (TNG) e acúmulo de nitrogênio nos grãos (ANG), obtidos na maturação, cultivar BRS MG Madrepérola, Lambari e Lavras, 2014.

Tratamento	EF	V/P	G/V ¹	PCG ¹	RG ¹	TNG	ANG
Fungicida	(mil plantas ha ⁻¹)	-(unidade planta ⁻¹)-		(g)	(kg ha ⁻¹)	(%)	(kg ha ⁻¹)
Captana	155	16	4,0	21,20	1527	3,69	55,77
Carboxina + tiram	145	16	4,1	21,24	1513	3,66	54,94
Difenoconazol	167	16	4,1	20,69	1624	3,56	57,16
Fluazinam + tiofanato-metílico	154	14	4,0	20,70	1385	3,58	49,24
Fludioxonil + metalaxil-M	151	15	4,2	20,97	1500	3,55	53,29
Testemunha s/ fungicida	170	16	3,9	20,90	1453	3,66	53,51
Fontes de N							
20S+SI	157 a	15	4,2	21,02 b	1454	3,56 b	51,24 b
20S+Ise	159 a	15	4,0	20,75 b	1460	3,54 b	51,86 b
20S+Isul	161 a	15	4,1	20,45 b	1485	3,53 b	51,79 b
40S+40C	151 b	16	3,9	21,57 a	1602	3,82 a	61,05 a
Locais							
Lambari	161	17 a	3,7 b	21,31	1766 a	3,71 a	64,39 a
Lavras	153	13 b	4,4 a	20,59	1235 b	3,52 b	43,58 b
Média	157	15	4,1	20,95	1500	3,61	53,98

As médias seguidas da mesma letra em cada característica pertencem ao mesmo grupo pelo teste de *Skott-Knott* ao nível de 5% de probabilidade. 20S+SI=20 kg ha⁻¹ N na semeadura + sem inoculação, 20S+Isul=20 kg ha⁻¹ N na semeadura + inoculação via sulco, 20S+Ise=20 kg ha⁻¹ N na semeadura + inoculação via semente e 40S+40C=40 kg ha⁻¹ de N na semeadura + 40 kg ha⁻¹ de N em cobertura.

4.3.2.1 Estande final de plantas (EF)

Verifica-se na Tabela 20 que o tratamento 40S + 40C provocou redução significativa, da ordem de 7%, no estande final de plantas. Esta redução certamente foi causada pelo efeito salino do fertilizante nitrogenado no sulco de semeadura, já que este tratamento recebeu o dobro (40 Kg ha^{-1} de N fonte ureia) do N fornecido nos demais tratamentos. Este efeito sobre a germinação das sementes e emergência das plântulas é frequentemente relatado na literatura (ALVES JÚNIOR et al., 2009; ARF et al., 2011; SOUZA et al., 2014).

No desdobramento da interação L x F (Tabela 21), pode-se observar que, em Lambari, os tratamentos de semente com Difenconazol, Fludioxonil + metalaxil-M e Capana apresentaram maior EF e isso pode ter ocorrido em função de um eventual melhor controle de fungos na fase inicial do estabelecimento das plantas. Admitindo-se esta hipótese, os fungicidas Carboxina + tiram e Fluazinam + tiofanato metílico não teriam sido eficientes no controle daqueles fungos e apresentaram comportamento semelhante ao da testemunha sem tratamento de sementes. Os resultados de Lavras, por sua vez, mostraram que todos os tratamentos de sementes reduziram o EF em relação à testemunha não tratada, que foi responsável pelo maior estande observado (Tabela 21). Nesta localidade, portanto, a hipótese levantada em Lambari não parece adequada e os resultados permitem inferir que algum possível efeito fitotóxico dos fungicidas pode estar envolvido. Pode-se verificar ainda que em Lavras o EF foi inferior ao de Lambari (Tabelas 20 e 21); pode ter contribuído para isso a maior cobertura morta na área de Lavras, fornecida pela palhada de arroz, que teria constituído maior barreira para a emergência do feijoeiro.

Segundo Dourado Neto e Fancelli (2000), o estande mínimo para plantas de feijão do tipo III deve ser da ordem de 170 mil plantas por hectare, para se alcançar produtividades significativas. No presente trabalho, o EF apresentou

média geral de 157 mil plantas ha⁻¹ (Tabela 20), o que pode, portanto, se refletir sobre o rendimento de grãos. Estandes menores são comuns em experimentos com doses de N, como no de Fonseca (2014), em Patos de Minas, envolvendo doses de molibdênio via foliar, inoculação com duas estirpes e doses de N na semeadura e em cobertura, nos quais obteve estande final médio de 153 mil plantas ha⁻¹. As maiores doses na semeadura contribuem para reduzir o estande médio dos experimentos.

Tabela 21 Valores médios referentes à EF (mil planta ha⁻¹) da interação obtida entre locais e fungicidas, Lambari e Lavras, 2014.

Fungicida	Locais		Média
	Lambari	Lavras	
Captana	168 Aa	142 Bd	155
Carboxina + tiram	159 Ab	132 Bd	145
Difenoconazol	164 Aa	169 Ab	167
Fluazinam + tiofanato-metílico	152 Ab	156 Ac	154
Fludioxonil + metalaxil-M	166 Aa	135 Bd	151
Testemunha s/ fungicida	155 Bb	185 Aa	170
Média	161	153	157

As médias seguidas da mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas pertencem ao mesmo grupo pelo teste de *Skott-Knott* ao nível de 5% de probabilidade.

4.3.2.2 Número de vagens por planta (V/P)

O número de vagens por planta (V/P) foi influenciado apenas pelo fator local (Tabela 19), sendo que o maior valor médio foi obtido em Lambari. Nesta localidade, o V/P médio foi 17 e em Lavras, 13 (Tabela 20). A superioridade da média de Lambari pode ter sido consequência da melhor nutrição das plantas em

nitrogênio, como mostraram os valores de TNPA e ANPA (Tabela 16). De acordo com Portes (1996), as plantas bem nutridas produzem mais flores e, conseqüentemente, mais vagens por planta, com acréscimos também no número de óvulos fecundados por vagem com resposta direta no rendimento de grãos do feijoeiro-comum.

Não houve diferenças entre os produtos fungicidas e a testemunha, mostrando que nenhum deles beneficiou nem foi nocivo ao V/P. Resultado semelhante foi observado por Oliveira (2013), que utilizou os fungicidas carboxina + tiram, carbendazin, fluazinam + tiofanato metílico e fludioxonil + metalaxil-M associados à ausência e à presença de inoculação com a estirpe CIAT 899^T, notando que os componentes V/P, G/V e PCG não tiveram influência dos fungicidas. Araújo et al. (2007) também não encontraram efeito significativo do tratamento fungicida com carbendazin e com a inoculação de sementes com bactéria (*Rhizobium tropici*) sobre o V/P e G/V do feijoeiro-comum tipo carioca.

As fontes de N não diferiram significativamente, indicando que as bactérias nativas tiveram eficiência semelhante à da estirpe inoculada (CIAT 899^T) tanto via semente, quanto via sulco de semeadura. As médias destes tratamentos também não diferiram do tratamento que recebeu 80 kg ha⁻¹ de N e todos produziram números equivalentes de vagens por planta. Soares (2012), em experimento avaliando novas estirpes de bactérias para feijoeiro-comum e diferentes doses de fertilizante nitrogenado, verificou que, nos experimentos com produtividades acima de 1100 kg ha⁻¹ de grãos, não houve diferença dos tratamentos inoculados e não inoculados sobre os valores médios de V/P.

4.3.2.3 Número de grãos por vagem (G/V)

A significância da interação tripla L x F x FN sobre o G/V (Tabela 19) permite que se faça o seu desdobramento, que pode ser observado na Tabela 22. Em Lambari, independentemente do tratamento, não houve diferenças entre os fungicidas e a testemunha e nem entre as fontes de N. Nesta localidade, portanto, o tratamento de sementes não afetou o G/V. O mesmo ocorreu com as fontes de N, ou seja, tanto a inoculação (semente ou sulco) como as bactérias nativas e a adubação com 80 Kg ha⁻¹ de N foram capazes de produzir números equivalentes de grãos por vagem.

Em Lavras, Fluazinam + tiofanato metílico, Difenoconazol, Captana e a Testemunha apresentaram menor G/V, mas apenas na presença do tratamento 20S + Isul. Por outro lado, diferenças entre as fontes de N somente aconteceram quando o tratamento de sementes foi feito com Fludioxonil + metalaxil-M (Tabela 22). Entre os locais, Lavras (4,4) apresentou valor significativamente superior ao de Lambari (3,7) (Tabela 20). Estas diferenças, entretanto, foram de pequena magnitude e parecem não estar associadas a nenhuma relação de causa e efeito, podendo ter sido detectadas na análise estatística apenas em função da alta precisão experimental com que a característica foi estimada (Tabela 19).

4.3.2.3 Peso de cem grãos (PCG)

O efeito principal da fonte de variação fungicida não foi significativo (Tabela 19), verificando-se pequena oscilação entre as médias dos tratamentos fungicidas e a testemunha (Tabela 20), o que mostra que os fungicidas não interferiram no ganho de massa dos grãos do feijoeiro-comum. Resultado semelhante foi encontrado por Oliveira (2013), que não observou influência dos fungicidas fluazinam + tiofanato metílico, carboxina + tiram, fludioxonil +

metalaxil-M e carbendazin no peso de cem grãos em relação à testemunha não tratada.

A interação L x FN, significativa (Tabela 19), foi desdobrada e é apresentada na Tabela 23. Em Lavras, não houve diferença significativa entre as fontes de N, indicando que inoculação, estirpes nativas e adubação nitrogenada promoveram pesos de cem grãos equivalentes. Em Lambari, entretanto, a adubação nitrogenada superou os demais tratamentos, indicando que nas condições dessa localidade o N mineral pode ter apresentado maior eficiência, traduzindo-se em maior V/P, RG e PCG.

Tabela 22 Valores médios referentes à G/V (unidade) da interação tripla obtida entre fungicida, fontes de N e locais, Lambari e Lavras, 2014.

Fungicida	Fontes de N			
	Lambari (b)			
	20S+SI	20S+Ise	20S+Isul	40S+40C
Captana	3,2 Aa	3,8 Aa	3,8 Aa	3,9 Aa
Carboxina + tiram	3,8 Aa	3,9 Aa	3,3 Aa	3,3 Aa
Difenoconazol	3,8 Aa	3,2 Aa	3,9 Aa	3,8 Aa
Fluazinam + tiofanato-metílico	3,9 Aa	3,9 Aa	3,5 Aa	3,6 Aa
Fludioxonil + metalaxil-M	4,4 Aa	3,5 Aa	3,1 Aa	4,4 Aa
Testemunha s/ fungicida	3,8 Aa	3,1 Aa	3,7 Aa	4,0 Aa
Lavras (a)				
Captana	5,4 Aa	4,3 Aa	3,9 Ab	3,8 Aa
Carboxina + tiram	4,8 Aa	4,5 Aa	5,4 Aa	4,2 Aa
Difenoconazol	4,3 Aa	5,0 Aa	3,8 Ab	4,7 Aa
Fluazinam + tiofanato-metílico	4,1 Aa	4,4 Aa	4,2 Ab	4,4 Aa
Fludioxonil + metalaxil-M	4,4 Ba	3,8 Ba	6,5 Aa	3,4 Ba
Testemunha s/ fungicida	4,0 Aa	4,7 Aa	3,7 Ab	4,2 Aa
Média	4,2	4,0	4,1	3,9

As médias seguidas da mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas dentro de cada local pertencem ao mesmo grupo pelo teste de *Skott-Knott* ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 23 Valores médios referentes à PCG (em g) da interação obtida entre locais e fontes de N, Lambari e Lavras-MG, 2014.

Fontes de N	Locais		Média
	Lambari	Lavras	
20S+SI	21,58 Ab	20,47 Ba	21,02
20S+Ise	20,77 Ac	20,74 Aa	20,45
20S+Isul	20,33 Ac	20,57 Aa	20,75
40S+40C	22,55 Aa	20,59 Ba	21,57
Média	21,31	20,59	20,95

As médias originais seguidas da mesma letra maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas pertencem ao mesmo grupo pelo teste de *Skott-Knott* ao nível de 5% de probabilidade.

4.3.2.4 Rendimento de grãos (RG)

No que diz respeito ao rendimento de grãos (RG), observa-se na Tabela 19 que apenas o fator local foi significativo. Os valores médios dos tratamentos (Tabela 20) variaram entre 1385 e 1624 kg ha⁻¹, superando a média nacional, que na safra 2014/2015 foi de 1059 kg ha⁻¹, e situando-se próximos à média mineira, de 1530 kg ha⁻¹ (CONAB, 2015). Considerando, entretanto, o nível tecnológico adotado, a produtividade média mínima esperada seria de 1800 kg ha⁻¹ de grãos. Para esta produtividade, deve ter concorrido o baixo estande final de plantas, que no presente trabalho ficou por volta de 157 mil plantas ha⁻¹, abaixo, portanto, do estande mínimo de 170 mil plantas ha⁻¹ considerado por Dourado Neto e Fancelli (2000) para uma boa produtividade.

O RG médio foi maior em Lambari (1766 kg ha⁻¹) do que em Lavras, (1235 kg ha⁻¹), e esta maior produtividade pode ser reflexo dos componentes do rendimento V/P e PCG, também maiores em Lambari. Souza et al. (2008) e Viera (2009) mencionam que o componente de rendimento que mais influencia no rendimento de grãos no feijoeiro é o número de vagens por planta. O presente

trabalho corrobora com esta colocação, já que em Lambari o V/P foi cerca de 25% maior que em Lavras.

Verifica-se, na Tabela 20, que o RG não teve variação significativa em função dos fungicidas e nem das fontes de N, mostrando que as diferenças entre tratamentos verificadas sobre outras características não foram suficientes para que se detectassem diferenças na produtividade do feijoeiro-comum.

Kintschev, Goulart e Mercante (2014), em trabalho com diversos fungicidas nas sementes na cv. Pérola de feijoeiro-comum e inoculação conjunta das estirpes CIAT 899^T e PRF 81 de *Rhizobium tropici*, observaram que o fungicida carboxina + tiram diminuiu a produtividade, enquanto o fungicida fludioxonil + metalaxil-M não afetou a produtividade, quando comparados à testemunha.

As fontes de N, ou seja, tanto as estirpes nativas do solo, a estirpe introduzida (CIAT 899^T, via sulco e semente) e adubação com 80 kg ha⁻¹ de N apresentaram valores de RG equivalentes (Tabela 20). Isto mostra que as estirpes nativas presentes no solo, junto com 20 kg ha⁻¹ de N, são capazes de promover produtividade semelhante à das estirpes inoculadas e da adubação nitrogenada.

Soares (2012), testando a eficiência de novas estirpes para o feijoeiro-comum, observou que a inoculação via semente com as estirpes UFLA 02-127, UFLA 02-68 e UFLA 04-195 proporcionou resultados que não diferiram significativamente do tratamento com 80 kg ha⁻¹ de N para produtividades entre 900 a 1000 kg ha⁻¹ de grãos.

Em relação aos métodos de inoculação da estirpe CIAT 899^T, a semelhança do comportamento de ambos (via sulco e semente) permite inferir que a inoculação via sulco é alternativa viável para facilitar a operação no campo com os mesmos resultados, o que garante o estabelecimento das bactérias para com o feijoeiro-comum.

4.3.2.5 Teor (TNG) e acúmulo de nitrogênio nos grãos (ANG)

O TNG é um dos indicativos da nutrição nitrogenada e da eficiência da FBN nas leguminosas, que nos estádios vegetativos acumulam N em suas folhas e caules, e apresentam intensa translocação deste nutriente na fase reprodutiva. Embora sendo dependente do rendimento de grãos, o ANG também apresenta o mesmo comportamento (FIGUEIREDO, 2012; FONSECA et al., 2013).

De acordo com a Tabela 19, o teor (TNG) e acúmulo de nitrogênio nos grãos (ANG) foram influenciados pelos fatores, local e fontes de N, enquanto os fungicidas não atuaram sobre estas características. Em Lambari, foram obtidos maiores valores de TNG e ANG, o que pode ser decorrente dos maiores valores de TNPA e ANPA observados nesta localidade (Tabela 16), conforme já discutido. Provavelmente, houve contribuição do solo para melhor nutrição nitrogenada, em função da maior quantidade de matéria orgânica no solo (Tabela 3).

Os fungicidas não promoveram diferenças no TNG e no ANG, assim como não haviam influenciado a nodulação (NN e MSN) e o RG, características diretamente envolvidas nas primeiras.

Com relação às fontes de N, a inoculação via semente ou via sulco com a estirpe CIAT 899^T apresentou valores de TNG e ANG semelhantes ao do tratamento sem inoculação, podendo-se inferir que há presença de estirpes nativas eficientes no solo, capazes de fornecer parte do nitrogênio para o feijoeiro, conforme já discutido em relação a outras características. Silva et al. (2009) e Pelegrin et al. (2009) também observaram ocorrência de estirpes nativas de rizóbio com elevada eficiência simbiótica e adequado fornecimento de N para com o feijoeiro.

Ainda com relação às fontes de N, verifica-se que o tratamento com 80 kg ha⁻¹ de N (40S+40C) foi o que apresentou maiores valores de TNG e ANG,

superando os outros tratamentos. Ferreira et al. (2009), estudando cinco estirpes de rizóbio e dois tratamentos, um sem nitrogênio e outro com 80 kg ha⁻¹ de N, observaram maior ANG com o tratamento que recebeu 80 kg ha⁻¹ de N, com produtividade de 1751 kg ha⁻¹ de grãos.

Fonseca et al (2013), em trabalho envolvendo diferentes cultivares de feijoeiro-comum não inoculadas e inoculadas com as estirpes UFLA 04-173 de *R. miluonense* e CIAT 899^T de *R. tropici*, verificaram que os valores médios de TNG e ANG não diferiram entre tratamentos inoculados e o tratamento sem inoculação, concluindo que as estirpes nativas do solo promoveram nodulação equivalente à das estirpes inoculadas e alcançando com isto semelhantes teores de nitrogênio na planta e nos grãos.

4.3.2.6 Incidência e severidade de doença em Lavras e Lambari-MG

O feijoeiro-comum é hospedeiro de diversas doenças causadas por fungos e bactérias (RAMALHO, ABREU e GUILHERME, 2014), presentes tanto no solo como na atmosfera, e disseminadas pelo vento, respingos de água da chuva ou irrigação, restos culturais, sementes infectadas, entre outros.

No experimento de Lavras, na primeira avaliação realizada com as plantas no estágio V3 (1^a folhas trifolioladas abertas) do ciclo cultural do feijoeiro-comum, não foi detectada a presença de fitopatógenos nas plantas. Este fato pode ser explicado pela ação de proteção inicial dos fungicidas sobre os patógenos presentes na área e também pelo bom potencial de vigor e sanidade das sementes. Conceição et al. (2014), testando o tratamento de sementes com diferentes fungicidas, inseticidas, micronutrientes e polímero, em três cultivares de soja, observaram que os fungicidas, inseticida e polímero foram os tratamentos que proporcionaram maior estabelecimento de plantas no campo,

por conferirem maior proteção às sementes e plântulas contra o ataque de fitopatógenos e insetos praga.

Em estudos sobre tratamento de sementes, Vechiato et al. (2001) observaram que os fungicidas iprodione + carbendazim, carbendazim + thiram, iprodione + thiram e thiram reduziram significativamente o número de plântulas de feijão com sintomas de antracnose nos cotilédones, após o tratamento de sementes feito com os respectivos produtos.

De acordo com Silva (2011), a semente é o meio de disseminação e de sobrevivência de fitopatógenos por períodos longos de tempo. Esses patógenos, associados às sementes, podem causar redução na germinação e vigor, deteriorando as sementes, além de levar os patógenos para novas áreas ainda sem ocorrência do patógeno específico e aumentar o inóculo em áreas já estabelecidas; por isto, faz-se necessário o tratamento de sementes com fungicidas.

Ainda em Lavras, na segunda (estádio R5, pré-floração) e terceira (estádio R7, formação de vagens) avaliações, foram identificadas as infecções de Antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*), Podridão-radicular-seca (*Fusarium solani* sp. *phaseoli*) e Crestamento-bacteriano-comum (*Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*). No resumo da análise de variância (Tabela 24), observa-se que houve efeito significativo ($p < 0,05$) das fontes de N sobre a incidência (Inc ANT) e a severidade de Antracnose (Sev ANT). No caso do Crestamento-bacteriano-comum, os fungicidas influenciaram na incidência (Inc CB) e na severidade (Sev CB) da doença, enquanto para Podridão-radicular-seca não houve influência significativa dos tratamentos.

A incidência de doenças é de fácil avaliação, podendo ser definida pelo número de plantas ou de órgãos inteiros infectados. Já a severidade é definida como a área foliar infectada pela doença em proporção à área total do tecido, o

que exige maior conhecimento da doença (SILVA, 2011) e o emprego de escalas como a utilizada no presente trabalho e descrita no Material e Métodos.

Tabela 24 Resumo da análise de variância (Quadrados Médios) dos dados relativos a incidência e severidade de Antracnose (Inc ANT e Sev ANT), Crestamento-bacteriano-comum (Inc CB e Sev CB) e Podridão-radicular-seca (Inc PR e Sev PR), 2ª e 3ª avaliações, cv. BRS MG Madrepérola em Lavras, 2014.

FV	QM					
	2ª Avaliação					
	Inc ANT ¹	Sev ANT ¹	Inc CB ¹	Sev CB ¹	Inc PR ¹	Sev PR ¹
Fungicida (F)	0,01	0,28	0,06**	0,46**	0,01	0,06
Fontes de N (FN)	0,05*	0,71*	0,02	0,16	0,02	0,08
F x FN	0,03	0,28	0,02	0,14	0,02	0,09
Bloco	0,06*	0,01	0,01	0,04	0,03	0,11
CV%	8,81	28,65	9,38	39,44	10,38	39,43
3ª Avaliação						
Fungicida (F)	0,01	0,28	0,06**	0,46**	0,01	0,06
Fontes de N (FN)	0,05*	0,71*	0,02	0,16	0,02	0,08
F x FN	0,03	0,28	0,02	0,14	0,02	0,09
Bloco	0,06*	0,01	0,01	0,04	0,03	0,11
CV%	8,81	28,65	9,38	39,44	10,38	39,43

¹ Dados transformados em $(x+0,5)^{0,5}$; ** e *Significativo ao nível de 1 e 5% de probabilidade pelo teste *F*, respectivamente.

Os tratamentos fungicidas e a testemunha sem tratamento mostraram mesmo grau de infecção de Antracnose na segunda e terceira avaliações a campo (Tabelas 25 e 26) e isto pode ter ocorrido pelo fato de já ter sido superado o período de carência dos fungicidas, que deixaram de exercer efeito protetor nas plantas, que se tornaram suscetíveis à entrada do patógeno (*Colletotrichum lindemuthianum*). Deve ser mencionado ainda que segundo Abreu et al. (2011),

a cultivar BRS MG Madrepérola possui resistência a diversas raças deste fungo e, assim, um dos motivos para infecção desse patógeno pode ser o ataque de nova raça de *Colletotrichum lindemuthianum*, já que este agente causal apresenta alta variabilidade. Borém (2005) menciona que a cada nova raça que surge, cultivares resistentes podem se tornar suscetíveis.

Quanto às fontes de N, verificou-se que o tratamento que recebeu 80 kg ha⁻¹ de N (40 kg ha⁻¹ de N na semeadura + 40 kg ha⁻¹ de N em cobertura), teve menor incidência e severidade de Antracnose (Tabelas 25 e 26), o que pode estar associado ao fato de que plantas melhor nutridas em nitrogênio (Tabela 16) mostram-se mais resistente à entrada de patógenos.

Em relação ao crestamento-bacteriano-comum, todos os tratamentos com fungicidas apresentaram baixa incidência e severidade da doença na segunda e terceira avaliações. À exceção do fungicida Difenconazol, que teve maior infecção, os demais tratamentos não diferiram da testemunha sem tratamento (Tabelas 25 e 26). Na literatura, não há relatos da ação dos fungicidas utilizados sobre o crestamento-bacteriano-comum já que esta doença é causada por uma bactéria (*Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*). Certamente a infecção desta doença está mais relacionada a fatores edafoclimáticos da área de cultivo, que apresentou temperaturas entre 29 e 15°C (Figura 2) e alta umidade proporcionada pela irrigação por aspersão, o que pode ter contribuído na disseminação da bactéria via respingos de água. Segundo Valarini e Menten (1992), o crestamento-bacteriano-comum cresce em alta umidade e temperaturas em torno de 28°C e a bactéria se desenvolve rapidamente, alcançando uma epidemia na lavoura, com apenas 0,5% de sementes infectadas.

Tabela 25 Valores médios referentes a incidência e severidade de Antracnose (Inc ANT e Sev ANT), Crestamento-bacteriano-comum (Inc CB e Sev CB) e Podridão-radicular-seca (Inc PR e Sev PR), da 2ª Avaliação, cv. BRS MG Madrepérola em Lavras, 2014.

Tratamento	Inc ANT	Sev ANT	Inc CB	Sev CB	Inc PR	Sev PR
Fungicida	Nota	(%)	Nota	(%)	Nota	(%)
Captana	2,00	3,13	1,00 a	0,00 a	1,00	0,00
Carboxina + tiram	2,08	2,50	1,08 a	0,21 a	1,00	0,00
Difenoconazol	2,00	2,92	1,50 b	1,25 b	1,08	0,21
Fluazinam + tiofanato-metílico	1,83	2,29	1,25 a	0,63 a	1,00	0,00
Fludioxonil + metalaxil-M	1,92	2,08	1,00 a	0,00 a	1,17	0,21
Testemunha s/ fungicida	1,92	3,54	1,17 a	0,42 a	1,25	0,63
Fontes de N						
20S+SI	2,06 b	3,06 b	1,06	0,14	1,17	0,28
20S+Ise	2,06 b	3,33 b	1,67	0,42	1,17	0,42
20S+Isul	2,00 b	2,78 b	1,67	0,42	1,00	0,00
40S+40C	1,72 a	1,81 a	1,28	0,69	1,00	0,00
Média	1,96	2,74	1,17	0,42	1,08	0,17

As médias originais seguidas da mesma letra nas colunas em cada característica pertencem ao mesmo grupo pelo teste de *Skott-Knott* ao nível de 5% de probabilidade. 20S+SI=20 kg ha⁻¹ N na semeadura + sem inoculação, 20S+Isul=20 kg ha⁻¹ N na semeadura + inoculação via sulco, 20S+Ise=20 kg ha⁻¹ N na semeadura + inoculação via semente e 40S+40C=40 kg ha⁻¹ de N na semeadura + 40 kg ha⁻¹ de N em cobertura.

Tabela 26 Valores médios referentes a incidência e severidade de Antracnose (Inc ANT e Sev ANT), Crestamento-bacteriano-comum (Inc CB e Sev CB) e Podridão-radicular-seca (Inc PR e Sev PR), da 3ª Avaliação, cv. BRS MG Madrepérola em Lavras, 2014.

Tratamento	Inc ANT	Sev ANT	Inc CB	Sev CB	Inc PR	Sev PR
Fungicida	Nota	(%)	Nota	(%)	Nota	(%)
Captana	2,00	3,13	1,00 b	0,00 b	1,00	0,00
Carboxina + tiram	2,08	2,50	1,08 b	0,21 b	1,00	0,00
Difenoconazol	2,00	2,92	1,50 a	1,25 a	1,08	0,21
Fluazinam + tiofanato-metílico	1,83	2,29	1,25 b	0,63 b	1,00	0,00
Fludioxonil + metalaxil-M	1,92	2,08	1,00 b	0,00 b	1,17	0,21
Testemunha s/ fungicida	1,92	3,54	1,17 b	0,42 b	1,25	0,63
Fontes de N						
20S+SI	2,06 a	3,06 a	1,06	0,14	1,17	0,28
20S+Ise	2,06 a	3,33 a	1,17	0,42	1,17	0,42
20S+Isul	2,00 a	2,78 a	1,17	0,42	1,00	0,00
40S+40C	1,72 b	1,81 b	1,28	0,69	1,00	0,00
Média	1,96	2,74	1,17	0,42	1,08	0,17

As médias originais seguidas da mesma letra nas colunas em cada característica pertencem ao mesmo grupo pelo teste de *Skott-Knott* ao nível de 5% de probabilidade. 20S+SI=20 kg ha⁻¹ N na semeadura + sem inoculação, 20S+Isul=20 kg ha⁻¹ N na semeadura + inoculação via sulco, 20S+Ise=20 kg ha⁻¹ N na semeadura + inoculação via semente e 40S+40C=40 kg ha⁻¹ de N na semeadura + 40 kg ha⁻¹ de N em cobertura.

Na segunda e terceira avaliações (Tabelas 24 a 26), percebe-se pequena incidência e severidade de podridão-radicular-seca, que não diferiu significativamente entre os tratamentos.

Pires et al. (2004), estudando três fungicidas no tratamento de sementes do feijoeiro-comum associados ou não a polímeros e inoculação de *Colletotrichum lindemuthianum* (fungo teste), no armazenamento de sementes por quatro meses, observaram que os fungicidas carbendazin e benomyl, controlaram este patógeno de maneira mais eficiente do que captana no decorrer do armazenamento. Relatou também tendência geral de diminuição de *Fusarium* sp. nas sementes ao longo do armazenamento com o uso dos tratamentos.

Observa-se que não houve progressão das doenças entre as avaliações (Tabelas 25 e 26). Este fato certamente ocorreu em função da aplicação foliar de defensivos, no estágio R5 do ciclo cultural do feijoeiro-comum (vide Material e Métodos) para o controle destes patógenos.

Em Lambari, na primeira avaliação, foi observada a presença de podridão-radicular-seca, enquanto na terceira foi detectada a presença de antracnose e crestamento-bacteriano-comum, porém, sem diferenças significativas entre os tratamentos (Tabela 27).

Na primeira avaliação, nota-se que houve pequena ocorrência de podridão-radicular-seca no tratamento testemunha, que não diferiu dos tratamentos de sementes (Tabela 28). Pode-se atribuir esta diminuta observação de infecção provavelmente à proteção inicial fornecida pelos fungicidas. Na segunda avaliação, em Lambari, devido à baixa ocorrência de fitopatógenos, não foi registrada nenhuma doença no feijoeiro. As plantas que demonstraram estar infectadas no início do ciclo cultural (V3) recuperaram-se dos sintomas da podridão-radicular-seca. Já na terceira avaliação, todavia, identificaram-se as infecções por antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*) e crestamento-bacteriano-comum (*Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*), certamente trazidos

pelo vento ou pelos respingos de água da irrigação por aspersão convencional. Como já mencionado, foi feita a aplicação de defensivos para prevenção da infecção dos patógenos na cultura e isso contribuiu para os baixos valores encontrados (Tabela 28).

Segundo Abreu et al. (2011), a cultivar BRSMG Madrepérola, utilizada no presente trabalho, apresenta suscetibilidade à murcha de *curtobacterium* (*Curto bacterium flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens*) e ao crestamento-bacteriano-comum (*Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*) e reação de resistência ao vírus do mosaico comum e aos patótipos 55, 65, 73, 81, 89, 95 e 453 do fungo *Colletotrichum lindemuthianum*, agente causal da antracnose. Em condições de campo, apresenta reação intermediária ao agente causal da mancha angular, *Pseudocercospora griseola*, e foi suscetível à murcha de fusário (*Fusarium oxysporum*).

Tabela 27 Resumo da análise de variância (Quadrados Médios) dos dados relativos a incidência e severidade de Podridão-radicular-seca (Inc PR e Sev PR), Antracnose (Inc ANT e Sev ANT) e Crestamento-bacteriano-comum (Inc CB e Sev CB), 1ª e 3ª avaliações, cv. BRS MG Madrepérola em Lavras, 2014.

FV	QM					
	1ª Avaliação		3ª Avaliação			
	Inc PR ¹	Sev PR ¹	Inc ANT ¹	Sev ANT ¹	Inc CB ¹	Sev CB ¹
Fungicida (F)	0,01	1,28	0,03	0,26	0,01	0,06
Fontes de N (FN)	0,01	0,43	0,05	0,40	0,01	0,05
F x FN	0,01	0,43	0,02	0,18	0,00	0,03
Bloco	0,01	1,28	0,00	0,01	0,01	0,04
CV%	6,89	93,50	11,34	44,96	5,87	27,90

¹Dados transformados em $(x+0,5)^{0,5}$

De modo geral, pode-se deduzir que a maior presença de fitopatógenos por mais tempo nas plantas em Lavras foi um dos fatores que contribuíram para a redução de cerca de 30% no rendimento de grãos neste local, em comparação a Lambari.

Segundo Ramalho, Abreu e Guilherme (2014), o feijoeiro apresenta perdas significativas de produtividade, decorrentes do ataque de doenças, justificando o emprego de sementes sadias e certificadas, cultivares modernas e resistentes e tratamento químico das sementes, que são os métodos mais eficientes e importantes para se evitar a disseminação de agentes fitopatogênicos em áreas que ainda não apresentam sua ocorrência.

Tabela 28 Valores médios referentes a incidência e severidade de Podridão-radicular-seca (Inc PR e Sev PR), Antracnose (Inc ANT e Sev ANT), Crestamento-bacteriano-comum (Inc CB e Sev CB) da 1ª e 3ª Avaliações, cv. BRS MG Madrepérola em Lavras, 2014.

Tratamento	Inc PR	Sev PR	Inc ANT	Sev ANT	Inc CB	Sev CB
Fungicida	Nota	(%)	Nota	(%)	Nota	(%)
Captana	1,00	0,00	1,08	0,21	1,00	0,00
Carboxina + tiram	1,00	0,00	1,33	0,83	1,00	0,00
Difenoconazol	1,00	0,00	1,17	0,42	1,00	0,00
Fluazinam + tiofanato-metílico	1,00	0,00	1,42	1,04	1,00	0,00
Fludioxonil + metalaxil-M	1,00	0,00	1,08	0,21	1,08	0,21
Testemunha s/ fungicida	1,25	5,00	1,33	0,83	1,17	0,42
Fontes de N						
20S+SI	1,11	1,39	1,17	0,42	1,00	0,00
20S+Ise	1,00	0,00	1,22	0,56	1,11	0,28
20S+Isul	1,00	0,00	1,44	1,11	1,06	0,14
40S+40C	1,06	1,94	1,11	0,28	1,00	0,00
Média	1,04	0,83	1,24	0,59	1,04	0,10

20S+SI=20 kg ha⁻¹ N na semeadura + sem inoculação, 20S+Isul=20 kg ha⁻¹ N na semeadura + inoculação via sulco, 20S+Ise=20 kg ha⁻¹ N na semeadura + inoculação via semente e 40S+40C=40 kg ha⁻¹ de N na semeadura + 40 kg ha⁻¹ de N em cobertura.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O propósito deste trabalho foi verificar se o tratamento de sementes de feijoeiro-comum com fungicidas interfere na sobrevivência e eficiência simbiótica da estirpe CIAT 899^T inoculada via semente e via sulco de semeadura e também na qualidade fisiológica das sementes.

Os resultados representam importantes contribuições no que diz respeito ao tratamento fungicida nas sementes. Embora em condições controladas em laboratório, se tenha observado que alguns fungicidas causam diminuição do vigor das sementes e redução na sobrevivência das bactérias inoculadas nas sementes em contato direto com o produto, em condições de campo os tratamentos fungicidas apresentaram pequenas variações que não foram nocivas à cultura.

Em relação às formas de inoculação, pode-se observar que ambos os métodos empregados não influenciaram nas características agrônômicas do feijoeiro-comum. Contudo, a dose do inoculante empregada no sulco de semeadura no presente trabalho foi equivalente à dose utilizada via semente e, portanto inferior à recomendada comercialmente via sulco, já que segundo os fabricantes de inoculante líquido, deve-se aumentar a dose do inoculante para estabelecer maior população das bactérias introduzidas.

Deste modo, em novos trabalhos com o intuito de utilizar os fungicidas indicados no presente trabalho como compatíveis com as bactérias inoculadas, sugere-se aumentar a dose do inoculante aplicado via sulco de semeadura, o que poderia resultar em maior vantagem para este método.

6 CONCLUSÕES

1. O tratamento fungicida de semente não interfere na nodulação, no crescimento e no rendimento de grãos do feijoeiro. Também não prejudica a germinação e a emergência das sementes.
2. Os fungicidas Difenconazol e Captana promoveram alta mortalidade *in vitro* das bactérias inoculadas (estirpe CIAT 899^T) nas sementes do feijoeiro.
3. Os fungicidas Carboxina + tiram e Fluazinam + tiofanato metílico mostraram diminuição do vigor das sementes do feijoeiro.
4. A adubação com 40 kg ha⁻¹ de nitrogênio na semeadura diminui a nodulação e o estande de plantas, mas promove maiores teor e acúmulo de nitrogênio nas plantas e nos grãos do feijoeiro.
5. As bactérias nativas do solo mostram eficiência equivalente à da estirpe inoculada CIAT 899^T, via sulco e via semente, em termos de nodulação, crescimento, nutrição nitrogenada e rendimento de grãos do feijoeiro.
6. O ambiente tem grande influência na nodulação, no teor e no acúmulo de nitrogênio, no rendimento de grãos e na ocorrência de doenças do feijoeiro.

REFERÊNCIAS

ABREU, Â.F.B. et al. **BRS MG Madrepérola: cultivar de feijão tipo Carioca com escurecimento tardio dos grãos**. Santo Antônio do Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, (Comunicado Técnico, 200), 2011.

ACOSTA, J.A.A. et al. Decomposição da fitomassa de plantas de cobertura e liberação de nitrogênio em função da quantidade de resíduos aportada ao solo sob sistema plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria-SC, v.44, n.5, p.801-809, 2014.

ALCÂNTARA NETO, F. et al. Tempo de contato e de combinações de fungicidas, aditivo e inoculante sobre a sobrevivência de rizóbios e nodulação da soja. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 8, n. 1, p. 149-154, jan./abr. 2014.

ALMEIDA, A. P. V. et al. Qualidade física, fisiológica e sanitária de sementes de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) provenientes do município de Tangará da Serra-MT. **Enciclopédia biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.9, n.17, p. 2241, 2013.

ALVES JÚNIOR, J. et al. Adubação nitrogenada do feijoeiro, em plantio e cobertura, em plantio direto e convencional. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 4, p. 943-949, 2009.

AMARGER, N.; MACHERET, V.; LAGUERRE, G. *Rhizobium gallicum* sp. nov. and *Rhizobium giardinii* sp. nov. from *Phaseolus vulgaris* nodules. **International Journal of Systematic Bacteriology**, Reading, v. 47, n. 4, p. 996-1006, 1997.

ANDRADE, M. J. B. et al. Resposta do feijoeiro-comum às adubações nitrogenada e molíbdica e à inoculação com *Rhizobium tropici*. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 4, p. 934-940, 2001.

ANDRADE, M. J. B.; CARVALHO, A. J.; VIEIRA, N. M. B. Exigências edafoclimáticas. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T. J.; BORÉM, A. (Ed.). **Feijão**. 2. ed. atual. Viçosa, MG: UFV, p. 67-86, 2006.

ARAÚJO, A. S. F.; ARAÚJO, R. S. Sobrevivência e nodulação do *Rhizobium tropici* em sementes de feijão tratadas com fungicidas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 3, p. 973-976, 2006.

ARAÚJO, F. F. et al. Fixação biológica de N₂ no feijoeiro-comum submetido a dosagens de inoculante e tratamento químico na semente comparado à adubação nitrogenada. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 29, n.4, p. 535-540, 2007.

ARF, O. et al. Preparo do solo, inoculação de sementes e doses de nitrogênio em cobertura no feijoeiro-comum de inverno irrigado. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.12, n.3, p.135-142, 2011.

BARBERI, A. **Diversidade e eficiência de bactérias que nodulam feijoeiro-comum de diferentes sistemas de uso da terra na Amazônia Ocidental**. 2007. 121 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.

BARBOSA, F. R.; GONZAGA, A. C. O. **Informações técnicas para o cultivo do feijoeiro-comum na Região Central-Brasileira: 2012-2014**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, (Documentos, 272), 2012. 247 p.

BARROS, R. L. N. et al. Interação entre inoculação com rizóbio e adubação nitrogenada de plantio na produtividade do feijoeiro nas épocas da seca e das águas. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina-PR, v. 34, n. 4, p. 1443-1450, 2013.

BINOTTI, F. F. S. et al. Manejo do nitrogênio em cobertura do feijoeiro de inverno no sistema plantio direto. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v. 1, n. 1, p. 58-64, 2014.

BHERING, M.C. et al.. Metodologia do teste de tetrazólio em sementes de feijão. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (eds.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES. 1999. 218p.

BORÉM, A. **Melhoramento de espécies cultivadas**. 2ed. Viçosa UFV, 2005. 969p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa nº 13, de 24 de mar. de 2011. **Diário Oficial da União**, Brasília, 25 mar. 2011. Disponível em: <<https://www.jusbrasil.com.br/diarios/25585722/pg-3-secao-1-diario-oficial-da-uniao-dou-de-25-03-2011>>. Acesso em 05 jun. 2015.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n. 30, de 12 de nov. 2010. **Diário Oficial da União**, Brasília, 17 nov. 2010. Disponível em: <<https://www.jusbrasil.com.br/diarios/23183098/pg-4-secao-1-diario-oficial-da-uniao-dou-de-17-11-2010>>. Acesso em: em: 10 jun. 2015.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Manual de análise sanitária de sementes**. Brasília. 2009a. 202 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília, 2009b. 399 p.

CAMPANHARO, M. et al. Acidez do solo na fixação biológica de nitrogênio em feijoeiro comum. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 5, n. 3, p. 285-290, 2010.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R. F. et al. **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. 1017p.

CASSINI, S.T.A.; FRANCO, M.C. Fixação biológica de nitrogênio: microbiologia, fatores ambientais e genéticos. In: VIEIRA, C.; PAULA JR., T.J.; BOREM, A. (eds.) **Feijão**. 2. ed. Atual. – Viçosa: Ed. UFV, 2006. p. 143-170.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira**: grãos, sétimo levantamento, Safra 2014/2015. Brasília, 2015.

Disponível em:

<http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_04_10_09_22_05_boletim_graos_abril_2015.pdf> Acesso em: 25 abr. 2015.

CONCEIÇÃO, G. M. et al. Desempenho de plântulas e produtividade de soja submetida a diferentes tratamentos químicos nas sementes. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 6, p. 1711-1720, 2014.

COSTA, J. G. C.; RAVA, C. A. Introgressão da resistência do cultivar g2333 ao patótipo 2047 de *Colletotrichum lindemuthianum* na linhagem cNFC 9563. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 56, n.5, p. 591-594, set/out. 2009.

DENARDIN, N. D. **Seleção de estirpes de *Rhizobium leguminosarum* bv. *phaseoli* tolerantes a fatores de acidez e resistentes a antibióticos**. 1991. 89 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1991.

DOURADO NETO, D.; FANCELLI, A. L. **Produção de feijão**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 385 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, 2006. 306 p.

FERREIRA, D. F. SISVAR: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FERREIRA, P. A. A. et al. Efficient nitrogen-fixing *Rhizobium* strains isolated from amazonian soils are highly tolerant to acidity and aluminium. **World Journal Microbiology Biotechnology**, Heidelberg, v. 28, p. 1947-1959, 2012.

FERREIRA, P. A. A. et al. Inoculação com cepas de rizóbio na cultura do feijoeiro. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 7, p. 2210-2212, out. 2009.

FIGUEIREDO, M. A. et al. Teor e acúmulo de nitrogênio nos grãos de feijão em função das adubações nitrogenada e molíbdica e inoculação com *Rhizobium* spp. In: **Congresso de pós-graduação da UFPA**, 21. Lavras, 2012. Anais. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2012.

FIGUEIREDO, M. A. **Inoculação com *Rhizobium* spp. e adubações nitrogenada e molíbdica no feijoeiro-comum**. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

FLORES, M. et al. Genomic instability in *Rhizobium phaseoli*. **Journal of Bacteriology**, Washington, v. 170, n. 3, p. 1191-1196, 1988.

FONSECA, G. G. **Doses de molibdênio foliar, nitrogênio e inoculação com *Rhizobium* spp. no feijoeiro-comum cv. BRS MG Madrepérola**. 2014. 182 p. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.

FONSECA, G. G. **Resposta de cultivares de feijoeiro-comum à inoculação das sementes com estirpes de rizóbio em Minas Gerais**. 2011. 165 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011.

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

FRANÇA-NETO, J.B.; KRZYZANOWSKI, F.C.; COSTA, N.P. **O teste de tetrazólio em sementes de soja**. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1998. 72p. (Série Documentos, 116). <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/461306/1/doc116.pdf>>. Acesso em: 20 abr. 2015.

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

FRED, E. B.; WAKSMAN, S. A. **Laboratory manual of general microbiology**. New York: McGraw-Hill, 1928. 143 p.

GERLACH, G. A. X. **Consórcio entre milho e leguminosas, produção de palha e manejo do nitrogênio no feijão “de inverno” em região com verão chuvoso e inverno seco**. 2014, 80 p. Dissertação (Mestrado), Universidade Estadual Paulista- Unesp. Ilha Solteira-SP, 2014.

GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. Piracicaba: ESALQ, 1990. 460 p.

GRAHAM, P. H. Stress tolerance in *Rhizobium* and *Bradyrhizobium*, and nodulation under adverse soil conditions. **Canadian Journal of Microbiology**, Ottawa, v. 38, n. 6, p. 475-484, jun. 1992.

GRAHAM, P. H.; HALLIDAY, J. Inoculation: nitrogen fixation in the genus *Phaseolus*. In: REUNIÃO LATINO AMERICANA DE RHIZOBIUM, 8, 1976, Cali Anais... Cali: CIAT, p. 313-337. 1976.

HAWERROTH, F. J.; CRESTANI, M.; SANTOS, J. C. P. Desempenho de cultivares de feijoeiro sob inoculação com *Rhizobium* e relação entre os caracteres componentes do rendimento de grãos. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 3, p. 897-908, 2011.

HOAGLAND, D.R.; ARNON, D.I. **The water culture method for growing plants without soil.** Berkeley: California Agricultural Experiment Station, 1950. 32p. (California Agricultural Experiment Station, Circular, 347).

HUNGRIA, M. et al. Isolation and characterization of new efficient and competitive bean (*Phaseolus vulgaris* L.) rhizobia from Brazil. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 32, n. 11/12, p.1515-1528, 2000.

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

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP)**. Disponível em:
<<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>> Acesso em: 10 jul. 2015.

ISOI, T.; YOSHIDA, S. Effect of Thiram (Tetramethyl- Thiuram-Disulphide) application on nodulation in soybean and kidney bean plants: observation using the root-box-culture technique. **Soil Science and Plant Nutrition**, Tokyo, v. 34, n. 4, p.633-637, 1988.

JORDAN, D.C. *Rhizobiaceae* Conn 1938. In: KRIEG, N.R.; HOLT, J.D. (Ed.). **Bergey's manual of systematic bacteriology**. London: Williams and Wilkins, v. 1, 1984. p. 234-244.

KANEKO, F. H. et al. 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.

KIKUTI, H. et al. Nitrogênio e fósforo em feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) variedade cultivada BRS MG Talismã. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 27, n. 3, p. 415-422, jul./set. 2005.

- KINTSCHEV, M. R.; GOULART, A. C. P.; MERCANTE, F.M. Compatibilidade entre a inoculação de rizóbios e fungicidas aplicados em sementes de feijoeiro-comum. **Summa Phytopathol**, Botucatu, v. 40, n. 4, p. 338-346, 2014.
- LIMA, M. L. et al. Fontes e doses de boro na qualidade de sementes de feijão-comum e mamona sob consórcio. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 26, n. 4, p. 31-38, 2013.
- MAGUIRE, J.D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v.2, n.1, p.176-177, 1962.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2ed. Piracicaba: Potafós, 1997. 319p.
- MAPA. Agrofite – **Sistemas de agrotóxicos fitossanitários**. 2015. Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons > Acesso em: 22 Abr. 2015.
- MAPA. **Conjuntura 09.09.2010**. Câmaras Setoriais. 2010. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/camaras_setoriais/Feijao/15_reuniao/Consumo.pdf> Acesso em: 20 Abr. 2015.
- MARTINEZ-ROMERO, E. et al. *Rhizobium tropici*, a novel species nodulating *Phaseolus vulgaris* L. beans and *Leucaena* sp. trees. International **Journal of Systematic Bacteriology**, Reading, v. 41, p. 417-426, 1991.
- MENEZES, N. L.; VILLELA, F. A. O Potencial de armazenamento de cada semente. **Seed News**, Pelotas, v. 1, n. 4, p. 22-25, 2009.
- MINOLTA, C. **Manual for chlorophyll meter SPAD-502**. Osaka: Minolta Radiometric Instruments Divisions, 1989. 22 p.

MONTEIRO, R. T. R.; BARAIBAR, A.; TSAI, S. M. Sobrevivência de *Rhizobium leguminosarum* bv *phaseoli* em sementes tratadas com fungicidas. **Revista de Microbiologia**, São Paulo, v. 21, p. 55-59, 1990.

MORAES, W. B. et al. Avaliação da fixação biológica do nitrogênio em genótipos de feijoeiros tolerantes a seca. **Idesia**, Tarapacá, v. 28, n.1, p. 61-68, jan./abr. 2010.

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

NOGUEIRA, C. O. G. **Eficiência agronômica de rizóbios selecionados e diversidade de populações nativas que nodulam o feijoeiro-comum em Formiga-MG**. 2005. 66 p. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.

OLIVEIRA, P. P. A. et al. Interação entre cultivares, estirpes comerciais de *Rhizobium meliloti* e fungicidas no incremento da produção de alfafa. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n.3, p.425-431, 1999.

OLIVEIRA, R. L. et al. Precisão experimental em ensaios com a cultura do feijão. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 1, p. 113-119, 2009.

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

ORMEÑO-ORRILLO, E. et al. Genomic basis of broad host range and environmental adaptability of *Rhizobium tropici* CIAT 899 and *Rhizobium* sp. PRF 81 which are used in inoculants for common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **BMC Genomics**, v.13, p.735. 2012.

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

PEREIRA, C. E. et al. Efeito do tratamento das sementes de soja com fungicidas e período de armazenamento na resposta da planta inoculada com *Bradyrhizobium*. **Revista Agroambiente**, Roraima, v.4, p.62-66, 2010.

PEREIRA, C. E. et al. Tratamento fungicida via peliculização e inoculação de *Bradyrhizobium* em sementes de soja. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 40, n. 3, p. 433-440, jul./set. 2009.

PIRES, L. L. et al. Armazenamento de sementes de feijão revestidas com polímeros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.7, p.709-715, jul. 2004.

PORTES, T. A. Ecofisiologia. In: ARAÚJO, R. S. et al. **Cultura do feijoeiro-comum no Brasil**. Piracicaba, Potafós, 1996, p. 101-137.

RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B.; GUILHERME, S.R. **Informações técnicas para o cultivo do feijoeiro-comum na Região Central-Brasileira: 2015-2017**. Lavras: UFLA, 2014. 170p.

RAPOSEIRAS, R. et al. Variability of isolated colonies in bean nodulating *Rhizobium* strains before and after exposure to high temperature. **Brazilian Journal of Microbiology**, São Paulo, v. 33; p. 149-154, 2002.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V, V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 359p.

ROMANO, A. et al. Evaluación de los efectos del deterioro sobre el potencial fisiológico de semillas de poroto (*Phaseolus vulgaris* L.) por prueba de tetrazólio. **Idesia**, Chile, v.32, n.3, p. 25-30, 2014.

RUFINI, M. et al. Simbiose de bactérias fixadoras de nitrogênio com feijoeiro-comum em diferentes valores de pH. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 1, p. 81-88, 2011.

SABUNDJIAN, M. T. et al. Doses de nitrogênio no feijão de inverno em sucessão a gramíneas com e sem inoculação de *Azospirillum brasilense*: análise econômica. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, v. 8, n. 2, p. 139-145, 2014.

SARRUGE, J. R.; HAAG, H. P. **Análises químicas em plantas**. Piracicaba: ESALQ/USP, 1979. 27 p.

SCOTT, A. J., KNOTT, M. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, v. 30, n. 3, p.507-12, 1974.

SEAB – Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento. **Feijão - Análise da Conjuntura Agropecuária**. Dezembro de 2014. Disponível em: <http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/feijao_2014_15.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2015.

SEGOVIA, L.; YOUNG, J. P.W.; MARTINEZ-ROMERO, E. Reclassification of American *Rhizobium leguminosarum* biovar *phaseoli* type I strains as *Rhizobium etli* sp. **International Journal of Systematic and Bacteriology**, Reading, v. 43, n. 2, p.374-377, 1993.

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

SILVA, G. C. et al. Qualidade fisiológica e sanitária de sementes de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) provenientes do estado de Goiás. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 29, n. 1, p. 29-34, 2008.

SILVA, M.G. **Influência de restos de cultura na antracnose do feijoeiro a partir de sementes com diferentes níveis de inóculo**. 2011. 57 p. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2011.

SILVA, V. N. et al. Condução do teste de condutividade elétrica utilizando partes de sementes de feijão. **Revista de Ciências Agrárias**, v.37, n.2, p.206-213, 2014.

SOARES, A. L. L. et al. Eficiência agrônômica de rizóbios selecionados e diversidade de populações nativas nodulíferas em Perdões (MG). II-Feijoeiro-comum. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 30, n. 5, p. 803-811, 2006.

SOARES, B. L. **Avaliação técnico-econômica do feijoeiro-comum inoculado com rizóbio em diferentes ambientes**. 2012. 150 p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2012.

SOARES, B.L. et al. Cowpea symbiotic efficiency, pH and aluminum tolerance in nitrogen-fixing bacteria. **Scientia Agricola**, v.71, n.3, p.171-257, 2014.

SOBERÓN-CHAVES, G.; NÁJERA, R.; OLIVERA H.; SEGOVIA, L. Genetic rearrangements of a *Rhizobium phaseoli* symbiotic plasmid. **Journal of Bacteriology**, Oxford, v.167, n. 2, p. 487-491, aug. 1986.

SOUZA, A. B. et al. Densidades de semeadura e níveis de NPK e calagem na produção do feijoeiro sob plantio convencional em Ponta Grossa, Paraná. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 38, n. 1, p. 39-43, jan./mar. 2008.

SOUZA, A. B. et al. Populações de plantas e doses de nitrogênio para o feijoeiro em sistema convencional. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 4, p. 998-1006, jul./ago. 2014

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

STOCCO, P. et al. Avaliação da biodiversidade de rizóbios simbiossantes do feijoeiro-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) em Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 3, p. 1107-1120, 2008.

THIES, J. E.; BOHLOOL, B. B.; SINGLETON, P. W. Environmental effects on competition for nodule occupancy between introduced and indigenous rhizobia and among introduced strains. **Canadian Journal of Microbiology**, Ottawa, v. 38, n. 6, p. 493-500, 1992.

VALADÃO, F.C.A. et al. Inoculação das sementes e adubações nitrogenada e molíbdica do feijoeiro-comum, em Rolim de Moura, Ro. **Acta Amazônica**, v. 39, p. 741 – 748, 2009.

VALARINI, P1.; MENTEN, J.O.M. *Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli* em sementes de feijão: detecção por inoculação em plantas indicadoras. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.14, p.171-180, 1992.

VAN SCHOONHOVEN, A.; PASTOR-CORRALES, M. A. **Standard system for evaluation of bean germplasm**. (CIAT) Cali, Colombia. 1987. 56p.

VARGAS, A. A. T.; GRAHAM, P. H. Cultivar and pH effects on competition for nodule sites between isolates of *Rhizobium* in beans. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 117, n. 2, p. 195-200, 1989.

VECHIATO, M.H. et al. Antracnose do feijoeiro: tratamento de sementes e correlação entre incidência em plantas e infecção de sementes. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v.68, n.1, p.83-87, 2001.

VIANELLO, R.L., ALVES, A. R. **Meteorologia Básica e Aplicações**. Viçosa: Imprensa Universitária, 1991. 449 p.

VIEIRA, N. M. B. **Acúmulo de nutrientes e desempenho agrônômico de cultivares de feijoeiro-comum, em diferentes populações e sistemas de cultivo**. 2009. 117 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

VINCENT, J.M. **A Manual for the Practical Study of Root Nodule Bacteria**. Scientific Publications. Oxford: Blackwell, (IBP Handbook, 15), 1970.

VLASSAK, K.; VANDERLEYDEN, J.; FRANCO, A. Competition and persistence of *Rhizobium tropici* and *Rhizobium etli* in a tropical soil during successive bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultures. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 21, n. 1/2, p. 61-68, 1996.

VLASSAK, K.M. et al. Evaluation of the intrinsic competitiveness and saprophytic competence of *Rhizobium tropici* IIB strains. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 24, n. 3, p. 274-282, 1997.

WOLFF, A.B. et al. Competitiveness of *Rhizobium leguminosarum* bv. *phaseoli* strains in relation to environmental stress and plant defense mechanisms. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 12, n. 3, p. 170-176, 1991.

WOOMER, A. N.; SINGLETON, P. W.; BOHLOOL, B. B. Ecological indicators of native rhizobia in tropical soils. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v. 54, n. 7, p. 1112-1116, jul. 1988.

ZABOT, et al. Temperatura e qualidade fisiológica no crescimento de plântulas de feijoeiro. **Revista Brasileira Agrociência**, Pelotas, v.14, n.4, p.60-64, out./dez. 2008.

ZILLI, J.E. et al. Influence of fungicide seed treatment on soybean nodulation and grain yield. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p.917-923, 2009.

ZILLI, J.E. et al. Inoculação da soja com *Bradyrhizobium* no sulco de semeadura alternativamente à inoculação de sementes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.34, n. 6, p.1875-1881, 2010.