



BRUNO LIMA SOARES

**AVALIAÇÃO TÉCNICA E ECONÔMICA DO
FEIJOEIRO-COMUM INOCULADO COM
RIZÓBIO EM DIFERENTES AMBIENTES**

LAVRAS-MG

2012

BRUNO LIMA SOARES

**AVALIAÇÃO TÉCNICA ECONÔMICA DO FEIJOEIRO-COMUM
INOCULADO COM RIZÓBIO EM DIFERENTES AMBIENTES**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, área de concentração em Microbiologia e Bioquímica do Solo, para a obtenção do título de Doutor.

Orientadora

Dr^a. Fatima Maria de Souza Moreira

Coorientador

Dr. Messias José Bastos de Andrade

LAVRAS-MG

2012

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca da UFLA**

Soares, Bruno Lima.

Avaliação técnica e econômica do feijoeiro-comum inoculado com rizóbio em diferentes ambientes / Bruno Lima Soares. – Lavras : UFLA, 2012.

150 p. : il.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2011.

Orientador: Fatima Maria de Souza Moreira.

Bibliografia.

1. *Phaseolus vulgaris*. 2. Inoculação conjunta. 3. Nitrogênio. 4. Adubação nitrogenada. 5. Eficiência econômica. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 631.46

BRUNO LIMA SOARES

**AVALIAÇÃO TÉCNICA ECONÔMICA DO FEIJOEIRO-COMUM
INOCULADO COM RIZÓBIO EM DIFERENTES AMBIENTES**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, área de concentração em Microbiologia e Bioquímica do Solo, para a obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 02 de dezembro de 2011.

Dr ^a . Maria Catarina Kasuya	UFV
Dr. Francisco Adriano de Souza	EMBRAPA
Dr. Ricardo Pereira Reis	UFLA
Dr. Messias José Bastos de Andrade	UFLA

Dr^a. Fatima Maria de Souza Moreira
Orientadora

LAVRAS-MG

2012

A Deus pela fé e vida.

DEDICO

Aos meus Pais Hélio Lelis Soares e Maria das Graças de Lima Soares, pelo amor incondicional, pela oportunidade e confiança nos meus estudos e pelos ensinamentos de respeito à vida e às pessoas. Ao meu irmão André Luís de Lima Soares, pela amizade e pela cumplicidade durante todos esses anos de vida que estamos juntos. A minha futura esposa Patrícia Maria Silva, pela compreensão nos momentos difíceis da caminhada, pelo amor, amizade e companheirismo.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, pela oportunidade de realização do Doutorado.

Ao CNPq, pela concessão da bolsa de estudos.

À professora Fatima Maria de Souza Moreira, pela orientação, paciência, oportunidades concedidas e pelos ensinamentos passados.

Ao projeto CNPq/MAPA 578635/2008-9, “Avaliação da eficiência de inoculantes microbianos de leguminosas em regiões inexploradas e de métodos para seu controle de qualidade e inspeção visando à expansão de seu uso na agricultura brasileira”, pelo financiamento para a execução deste trabalho.

Ao professor Messias José Bastos de Andrade pela amizade, paciência e coorientação deste trabalho.

Aos amigos Cláudio, Paulo, Leandro, Romildo, Thiago e Silvia, pela amizade durante todos esses anos.

Aos funcionários Marlene Aparecida de Souza e Manuel Aparecido da Silva, pela valiosa contribuição na execução das análises.

Aos amigos do Laboratório de Microbiologia do Solo Aline, Amanda, Ana Luiza, Cleide, Fernanda, Leonardo, Ligiane, Jerusa, Jessé, Karina, Michele, Rogério, Leandro, Paula, Pedro, Plínio, Priscila, Téo, Thiago e Wesley.

Aos alunos de pós-graduação, graduação e funcionários do Departamento de Agricultura, Damiany, Marislaine, Guilherme, Henrique, Eduardo, Wagner, Diego, Alessandro, Júlio e Agnaldo.

À EPAMIG de Patos de Minas, juntamente com o Pesquisador Fabio Aurélio Dias Martins, pela disponibilidade da área para instalação dos experimentos e a todos os funcionários.

Ao IFET Bambuí, pela disponibilidade da área para instalação de experimentos, juntamente com os Professores Luciano Donizete Alves e Sheila

Isabel do Carmo Pinto e os alunos do curso de Agronomia, Fernando Bruno Xavier, Jéfferson Ricardo da Costa, Nágla Maria Sampaio de Matos, Guilherme Ebelem Guimarães Moreira Maluf e Urbano Teixeira Guimarães e Silva.

À Dona Lair Ribeiro Diniz Rezende pela disponibilização da área para a instalação do experimento em Luminárias, Fazenda Campo do Meio.

Ao Sr. Saturno da Silva Teles e Sr.^a Divina da Gloria Alves Teles pela disponibilização da área para a instalação do experimento em Presidente Olegário, Fazenda São Joãozinho.

Ao Claudio Roberto Valério (Taubaté) e Tatiana Almeida Silveira Valério pela disponibilização da área para a instalação do experimento em Guarda Mor, Fazenda Mãe Rainha.

Aos meus amigos viçosenses, Antônio, Bernardo, Guilherme e Eduardo, pela compreensão da minha ausência à terra querida.

A todos os amigos.

Muito Obrigado!!!

RESUMO

O feijoeiro-comum é amplamente cultivado no Brasil, como cultura de subsistência por pequenos agricultores sendo também cultivado por grandes agricultores na safra de inverno. Rico em proteínas e carboidratos o feijoeiro-comum é capaz de associar-se com bactérias do gênero *Rizobium*, responsáveis pela fixação biológica de nitrogênio (FBN) que pode substituir de forma parcial ou total os fertilizantes nitrogenados. Resultados de pesquisa relacionados à FBN são muito controversos devido a ampla magnitude de solos e clima no Brasil. Portanto este trabalho teve como objetivo verificar o efeito da inoculação das semente com bactérias (CIAT 899), conjunto à adubação nitrogenada em semeadura (20 kg de N-ureia ha⁻¹) e em cobertura (20, 40 ou 60 kg de N-ureia ha⁻¹) em três ambientes e verificar a eficiência simbiótica de cinco estirpes de bactérias (UFLA 02-100, UFLA 02-127, UFLA 02-68, UFLA 04-195 e CIAT 899), comparados a duas testemunhas, com (80 kg de N-ureia ha⁻¹) e outra sem adubação nitrogenada, ambas sem inoculação em sete ambientes diferentes, assim como fazer uma avaliação econômica dos resultados em todos os ambientes estudados. A inoculação das sementes conjunta com 20 kg de N-ureia ha⁻¹ na semeadura foi capaz de reduzir em 60 kg de N-ureia ha⁻¹ em cobertura, no entanto, os retornos econômicos variaram em relação aos ambientes estudados. Quanto à eficiência simbiótica foi verificado que para pequenos e médios agricultores as estirpes UFLA 02-100 e UFLA 02-127 são as mais eficientes em fornecer nitrogênio e com os maiores valores de retorno econômicos.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris*. Doses de nitrogênio. Inoculação conjunta. Adubação nitrogenada. Eficiência econômica.

ABSTRACT

The common bean is widely grown in Brazil, as a subsistence crop for small farmers is also grown by large farmers in winter crop. Rich in protein and carbohydrates the common bean is able to associate with bacteria of the genus *Rizobium*, responsible for biological nitrogen fixation (BNF) that can substitute for a partial or total nitrogen fertilizers. Search results related to BNF are very controversial because of the wide extent of soil and climate in Brazil. Therefore this study had as objective to verify the seed inoculation effect with bacteria (CIAT 899), set to nitrogen fertilization on seeding (20 kg of N-urea ha⁻¹) and coverage (20, 40, 60 kg of N-urea ha⁻¹) in three environments and verify the symbiotic efficiency of five bacteria strains (UFLA 02-100, UFLA 02-127, UFLA 02-68, UFLA 04-195 and CIAT 899), compared to two controls, with (80 kg of N-urea ha⁻¹) and one without nitrogen fertilization, both without inoculation in seven different environments, as well as making an economic evaluation of the results in all environments studies. The seeds inoculation combined with 20 kg of N-urea ha⁻¹ at sowing was able to reduce 60 kg of N-urea ha⁻¹ in coverage, however the economic returns varied in relation to environment studies. When the symbiotic efficiency was found that for small and medium farmers the strains UFLA 02-100 and UFLA 02-127, are the most efficient in supplying nitrogen and with the highest economic return.

Keywords: *Phaseolus vulgaris*. Doses of Nitrogen. Inoculation joint. Nitrogen. Economic efficiency.

LISTA DE FIGURAS

CAPITULO 2

- Figura 1 Representação gráfica e equação de regressão do rendimento de grãos (kg ha^{-1}) do feijoeiro em função dos níveis de adubação dos tratamentos inoculados com pontos adicionais dos tratamentos sem inoculação e sem nitrogênio e 20 de N no plantio, DBI/UFLA, Lavras-MG, 2009..... 63
- Figura 2 Representação gráfica e equação de regressão do rendimento de grãos (kg ha^{-1}) do feijoeiro em função dos níveis de adubação dos tratamentos inoculados com pontos adicionais dos tratamentos sem inoculação e sem nitrogênio e 20 de N no plantio, FAEPE, Ijaci-MG, 2009..... 65
- Figura 3 Representação gráfica e equação de regressão do rendimento de grãos (kg ha^{-1}) do feijoeiro em função dos níveis de adubação dos tratamentos inoculados com pontos adicionais dos tratamentos sem inoculação e sem nitrogênio e 20 de N no plantio, DAG/UFLA, Lavras-MG, 2010. 66
- Figura 4 Representação gráfica e equação de regressão do rendimento de grãos (kg ha^{-1}) do feijoeiro em função dos níveis de adubação dos tratamentos inoculados com pontos adicionais dos tratamentos sem inoculação e sem nitrogênio e 20 de N no plantio, EPAMIG, Patos de Minas-MG, 2010. 68

ANEXO A

- Figura 1 Representação esquemática do Estado de Minas Gerais, regiões e as cidades que foram instalados os experimentos de campo na safra da seca. 130
- Figura 2 Representação esquemática do Estado de Minas Gerais, regiões e as cidades que foram instalados os experimentos de campo na safra das águas..... 131
- Figura 3 Representação esquemática do Estado de Minas Gerais, regiões e as cidades que foram instalados os experimentos de campo na safra das águas. (..... 132
- Figura 4 Variações diárias de temperatura no período de janeiro/2010 a março/2010, nos experimentos com produtividade acima de 1100 kg ha^{-1} e nos experimentos com rendimentos entre 900 a 1100 kg ha^{-1} em Patos de Minas e Presidente Olegário, MG.. 133
- Figura 5 Variações diárias de temperatura no período de abril/2010 a Maio/2010, nos experimentos com produtividade acima de 1100 kg ha^{-1} e nos experimentos com rendimentos entre 900 a 1100 kg ha^{-1} em Patos de Minas e Presidente Olegário, MG. 134
- Figura 6 Variações diárias de precipitação pluvial no período de janeiro/2010 a março/2010, nos experimentos com produtividade acima de 1100 kg ha^{-1} e nos experimentos com rendimentos entre 900 a 1100 kg ha^{-1} em Patos de Minas e Presidente Olegário, MG. 135
- Figura 7 Variações diárias de precipitação pluvial no período de abril/2010 a maio/2010, nos experimentos com produtividade acima de 1100 kg ha^{-1} e nos experimentos com rendimentos entre 900 a 1100 kg ha^{-1} em Patos de Minas e Presidente Olegário, MG. 136

Figura 8	Variações diárias de temperatura no período de fevereiro/2010 a maio/2010, nos experimentos com produtividade acima de 1100 kg ha ⁻¹ em Bambuí, MG.....	137
Figura 9	Variações diárias de precipitação pluvial no período de fevereiro/2010 a maio/2010, nos experimentos com produtividade acima de 1100 kg ha ⁻¹ em Bambuí, MG.....	138
Figura 10	Variações diárias de temperatura no período de abril/2011 a julho/2011, nos experimentos com produtividade acima de 1100 kg ha ⁻¹ em Patos de Minas, MG.	139
Figura 11	Variações diárias de precipitação pluvial no período de abril/2011 a julho/2011, nos experimentos com produtividade acima de 1100 kg ha ⁻¹ em Patos de Minas, MG.	140
Figura 12	Variações diárias de temperatura no período de abril/2011 a julho/2011, nos experimentos com produtividade acima de 1100 kg ha ⁻¹ em Pitangui, MG.	141
Figura 13	Variações diárias de precipitação pluvial no período de abril/2011 a julho/201, nos experimentos com produtividade acima de 1100 kg ha ⁻¹ em Pitangui, MG.	142
Figura 14	Variações diárias de temperatura no período de janeiro/2011 a abril/2011, nos experimentos com rendimentos entre 900 a 1100 kg ha ⁻¹ em Guarda Mor.	143
Figura 15	Variações diárias de precipitação pluvial no período de janeiro/2011 a abril/2011 nos experimentos com rendimentos entre 900 a 1100 kg ha ⁻¹ em Paracatu, MG.	144
Figura 16	Variações diárias de temperatura no período de Dezembro/2010 a Março, nos experimentos com rendimentos entre 900 a 1100 kg ha ⁻¹ e nos experimentos com rendimentos abaixo de 600 kg ha ⁻¹ em Lavras e Luminárias, MG.....	145

Figura 17	Variações diárias de precipitação pluvial no período de dezembro/2010 a março/2011, nos experimentos com rendimentos entre 900 a 1100 kg ha ⁻¹ e nos experimentos com rendimentos abaixo de 600 kg ha ⁻¹ em Lavras e Luminárias, MG.	146
Figura 18	Variações diárias de temperatura no período de fevereiro/2010 a maio/2010, nos experimentos com rendimentos abaixo de 600 kg ha ⁻¹ em Lavras, MG.	147
Figura 19	Variações diárias de precipitação pluvial no período de fevereiro/2010 a maio/2010, nos experimentos com rendimentos abaixo de 600 kg ha ⁻¹ em Lavras, MG.	148
Figura 20	Variações diárias de temperatura no período de dezembro/2010 a março/2011, nos experimentos com rendimentos abaixo de 600 kg ha ⁻¹ em Patos de Minas, MG..	149
Figura 21	Variações diárias de precipitação pluvial no período de dezembro/2010 a março/2011, nos experimentos com rendimentos abaixo de 600 kg ha ⁻¹ em Patos de Minas MG..	150

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2

Tabela 1	Locais, data, coordenadas geográficas, cultura antecessora, preparo do solo, adubação, nível tecnológico e sistema de irrigação utilizados nos experimentos de cada localidade no Estado de Minas Gerais.....	43
Tabela 2	Composição química dos solos utilizados (camada 0 a 20 cm) ¹	46
Tabela 3	Resultados da análise física de amostras de material dos solos utilizados (camada 0 a 20 cm).....	47
Tabela 4	Análise de variância (Quadrados Médios) dos dados referentes à matéria seca da parte aérea (MSPA), número de nódulos (NN), número de nódulos transformados (NNT), massa seca de nódulos (MSN), matéria seca de nódulos transformados (MSNT) e acúmulo de nitrogênio da parte aérea (ANPA), de feijoeiro-comum inoculado ou não inoculado, submetido a diferentes adubações de nitrogênio, DBI/UFLA e FAEPE- MG, 2009.....	52
Tabela 5	Valores médios referentes à MSPA da interação obtida entre locais de cultivo e tratamentos, DBI/UFLA e FAEPE- MG, 2009. .	53
Tabela 6	Valores médios referentes à MSPA, NN, NNT, MSN, MSNT e ANPA de feijoeiro-comum inoculado ou não inoculado, submetido a diferentes adubações de nitrogênio, UFLA/DBI e FAEPE- MG, 2009.....	53
Tabela 7	Análise de variância (Quadrados Médios) dos dados referentes, vagem/planta, grão/vagem, peso de cem grãos e rendimento de grãos de feijoeiro-comum inoculado ou não inoculado, submetido a diferentes adubações de nitrogênio, DBI/UFLA e FAEPE- MG, 2009.....	54

Tabela 8	Valores médios dos dados referentes a vagem por planta (V/P), grãos por vagem (G/V), grãos por vagem transformados (G/VT), peso de 100 grãos (PCG), rendimento de grãos (RG) e acúmulo de nitrogênio nos grãos de feijoeiro-comum inoculado ou não inoculado submetido a diferentes adubações de nitrogênio, DBI/UFLA e FAEPE- MG, 2009.....	55
Tabela 9	Valores médios referentes a grãos por vagem(G/V) da interação obtida entre locais de cultivo e tratamentos, DBI/UFLA e FAEPE- MG, 2009.....	56
Tabela 10	Análise de variância (Quadrados Médios) dos dados referentes à matéria seca da parte aérea (MSPA), número de nódulos (NN), número de nódulos transformados (NNT), massa seca de nódulos (MSN), massa seca de nódulos transformados (MSNT) e acúmulo de nitrogênio da parte aérea (ANPA), de feijoeiro-comum inoculado ou não inoculado, submetido a diferentes adubações de nitrogênio, DAG/UFLA, Lavras – MG, 2010.....	56
Tabela 11	Valores médios referentes à MSPA (g), NN, MSN (g), MSNT e ANPA (mg/planta) de feijoeiro-comum inoculado ou não inoculado, submetido a diferentes adubações de nitrogênio, DAG/UFLA, Lavras – MG, 2010.	57
Tabela 12	Análise de variância (Quadrados Médios) dos dados referentes à vagens por planta (V/P), vagens por planta transformado (V/PT), grãos por vagem (G/V), grãos por vagem transformado (G/VT), peso de 100 grãos (PCG), rendimento de grãos (RG) e acúmulo de nitrogênio nos grãos (ANG), de feijoeiro-comum inoculado ou não inoculado, submetido a diferentes adubações de nitrogênio, DAG/UFLA, Lavras – MG, 2010	58

Tabela 13 Valores médios dos dados referentes a vagem/planta (V/P), grãos/vagem (G/V) e rendimento de grãos (RG) e acúmulo de nitrogênio nos grãos (ANG) de feijoeiro-comum inoculado ou não inoculado, submetido a diferentes adubações de nitrogênio, DAG/UFLA, Lavras – MG, 2010	59
Tabela 14 Análise de variância (Quadrados Médios) dos dados referentes à matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca da parte aérea transformada (MSPAT), número de nódulos (NN), número de nódulos transformados (NNT), massa seca de nódulos (MSN) e acúmulo de nitrogênio da parte aérea (ANPA), de feijoeiro-comum inoculado ou não inoculado, submetido a diferentes adubações de nitrogênio, EPAMIG, Patos de Minas-MG, 2010.....	60
Tabela 15 Valores médios referentes à MSPA, NN, NNT, MSN e ANPA de feijoeiro-comum inoculado ou não inoculado, submetido a diferentes adubações de nitrogênio, EPAMIG, Patos de Minas-MG, 2010	60
Tabela 16 Resumo da análise de variância (Quadrados Médios) dos dados referentes a vagem por planta (V/P), grão/vagem (G/V), peso de cem grãos (PCG), rendimento de grãos (RG) e acúmulo de nitrogênio nos grãos (ANG) de feijoeiro-comum inoculado ou não inoculado, submetido a diferentes adubações de nitrogênio, EPAMIG, Patos de Minas-MG, 2010	61
Tabela 17 Valores médios dos dados referentes a vagem/planta (V/P), grão/vagem (V/P) e rendimento de grãos (RG) de feijoeiro-comum inoculado ou não inoculado, submetido a diferentes adubações de nitrogênio, EPAMIG, Patos de Minas, 2010.....	61

Tabela 18 Rendimentos de grãos (RG), custo total efetivo (CTET), receita bruta do tratamento do tratamento (RBT), receita líquida do tratamento (RLT) e Receita Líquida em relação à testemunha (DRLt), DBI/UFLA, Lavras-MG, 2009	64
Tabela 19 Valores referentes a rendimentos de grãos (RG), custo total efetivo do tratamento (CTET), receita bruta do tratamento (RBT), receita líquida do tratamento(RLT) e Receita Líquida em relação à testemunha (DRLt), FAEPE, Ijaci-MG, 2009.....	65
Tabela 20 Valores referentes a rendimentos de grãos (RG), custo total efetivo do tratamento (CTE), receita bruta do tratamento (RBT), receita líquida do tratamento(RLT) e Receita Líquida em relação à testemunha (DRLt), DAG/UFLA-Lavras-MG, 2010	67
Tabela 21 Valores referentes a rendimentos de grãos (RG), custo total efetivo do tratamento (CTET), Receita Bruta do Tratamento (RBT), Receita Líquida do Tratamento (RLT) e Receita Líquida em relação à testemunha (DRLt), EPAMIG, Patos de Minas-MG, 2010	68

CAPÍTULO 3

Tabela 1 Locais, data, coordenadas geográficas, cultura antecessora, preparo do solo, adubação, nível tecnológico e sistema de irrigação utilizados nos experimentos de cada localidade no Estado de Minas Gerais.....	84
Tabela 2 Resultados da análise química de amostras de material dos solos utilizados (camada 0 a 20 cm) ¹	86

Tabela 3	Origem (Sistema de Uso da Terra – SUT; Município, Estado e País) e características culturais das estirpes de rizóbios usadas no ensaio e sua identificação pelo gene 16S Ribossomal	90
Tabela 4	Agrupamentos dos experimentos para realização da análise conjunta	92
Tabela 5	Resumo da análise de variância (Quadrados Médios) dos dados referentes à matéria seca da parte aérea (MSPA), número de nódulos (NN) e massa seca de nódulos (MSN) de feijoeiro-comum inoculado ou não inoculado, dos experimentos com produtividade acima de 1100 kg ha ⁻¹	94
Tabela 6	Valores médios referentes à matéria seca da parte aérea (MSPA) dos tratamentos e os locais de cultivo, do feijoeiro-comum inoculado ou não inoculado, nos experimentos com produtividade acima de 1100 kg ha ⁻¹	95
Tabela 7	Valores médios referentes a número de nódulos (NN) em função dos tratamentos e locais de cultivo, do feijoeiro-comum inoculado ou não inoculado, nos experimentos com produtividade acima de 1100 kg ha ⁻¹	96
Tabela 8	Valores médios referentes à massa seca de nódulos (MSN) da interação obtida entre tratamento e os locais de cultivo, do feijoeiro-comum inoculado ou não inoculado, nos experimentos com produtividade acima de 1100 kg ha ⁻¹	97
Tabela 9	Valores médios referentes ao acúmulo de nitrogênio na parte aérea (ANPA) da interação obtida entre tratamento e os locais de cultivo, do feijoeiro-comum inoculado ou não inoculado, nos experimentos com produtividade acima de 1100 kg ha ⁻¹	98

Tabela 10	Resumo da análise de variância (Quadrados Médios) dos dados referentes à vagem por planta (V/P), grão/vagem (G/V) e rendimento de grãos (RG) do feijoeiro-comum inoculado ou não inoculado, nos experimentos com produtividade acima de 1100 kg ha ⁻¹	98
Tabela 11	Valores médios dos dados referentes a vagens/plantas (V/P) e grãos/vagens (G/V) de feijoeiro-comum inoculado ou não inoculado, nos experimentos com produtividade acima de 1100 kg ha ⁻¹	99
Tabela 12	Valores médios referentes a rendimentos de grãos (RG) da interação obtida entre tratamento e os locais de cultivo, do feijoeiro-comum inoculado ou não inoculado, nos experimentos com produtividade acima de 1100 kg ha ⁻¹	100
Tabela 13	Valores médios referentes a acúmulo de nitrogênio nos grãos (ANG) da interação obtida entre tratamento e os locais de cultivo, do feijoeiro-comum inoculado ou não inoculado, nos experimentos com produtividade acima de 1100 kg ha ⁻¹	101
Tabela 14	Valores referentes a rendimentos de grãos (RG), custo total efetivo (CTET), receita bruta do tratamento (RBT), receita líquida do tratamento (RLT) e Receita Líquida em relação à testemunha (DRLt), nos experimentos com produtividade acima de 1100 kg ha ⁻¹	102
Tabela 15	Resumo da análise de variância (Quadrados Médios) dos dados referentes à matéria seca da parte aérea (MSPA), número de nódulos (NN) e massa seca de nódulos (MSN) de feijoeiro-comum inoculado ou não inoculado, nos experimentos com rendimentos entre 900 a 1100 kg ha ⁻¹	103

Tabela 16	Valores médios referentes à matéria seca da parte aérea (MSPA) da interação obtida entre tratamento e os locais de cultivo, do feijoeiro-comum inoculado ou não inoculado, nos experimentos com rendimentos entre 900 a 1100 kg ha ⁻¹	103
Tabela 17	Valores médios referentes ao número de nódulos (NN) da interação obtida entre tratamento e os locais de cultivo, do feijoeiro-comum inoculado ou não inoculado, nos experimentos com rendimentos entre 900 a 1100 kg ha ⁻¹	104
Tabela 18	Valores médios referentes à massa seca de nódulos (MSN) da interação obtida entre tratamento e os locais de cultivo, do feijoeiro-comum inoculado ou não inoculado, nos experimentos com rendimentos entre 900 a 1100 kg ha ⁻¹	105
Tabela 19	Valores médios dos dados referentes ao acúmulo de nitrogênio na parte aérea (ANPA) de feijoeiro-comum inoculado ou não inoculado, com rendimentos entre 900 a 1100 kg ha ⁻¹	105
Tabela 20	Resumo da análise de variância (Quadrados Médios) dos dados referentes à vagem por planta (V/P), grão/vagem (G/V), rendimento de grãos (RG) e acúmulo de nitrogênio nos grãos (ANG) do feijoeiro-comum inoculado ou não inoculado, nos experimentos com rendimentos entre 900 a 1100 kg ha ⁻¹	106
Tabela 21	Valores médios referentes a vagens/planta (V/P) da interação obtida entre tratamento e os locais de cultivo, do feijoeiro-comum inoculado ou não inoculado, nos experimentos com rendimentos entre 900 a 1100 kg ha ⁻¹	107
Tabela 22	Valores médios dos dados referentes a grãos por vagem (G/V) e acúmulo de nitrogênio nos grãos (ANG) de feijoeiro-comum inoculado ou não inoculado, nos experimentos com rendimentos entre 900 a 1100 kg ha ⁻¹	108

Tabela 23	Valores médios referentes a rendimento de grão (RG) da interação obtida entre tratamento e os locais de cultivo, do feijoeiro-comum inoculado ou não inoculado, nos experimentos com rendimentos entre 900 a 1100 kg ha ⁻¹	109
Tabela 24	Valores referentes a rendimentos de grãos (RG), custo total efetivo (CTET), receita bruta do tratamento (RBT), receita líquida do tratamento (RLT) e Receita Líquida em relação à testemunha (DRLt), nos experimentos com rendimentos entre 900 a 1100 kg ha ⁻¹	110
Tabela 25	Resumo da análise de variância (Quadrados Médios) dos dados referentes à matéria seca da parte aérea (MSPA), número de nódulos (NN) e massa seca de nódulos (MSN) e acúmulo de nitrogênio na parte aérea (ANPA) de feijoeiro-comum inoculado ou não inoculado, nos experimentos com rendimentos abaixo de 600 kg ha ⁻¹	110
Tabela 26	Valores médios referentes à matéria seca da parte aérea (MSPA) do feijoeiro-comum dos tratamentos e locais de cultivo, do feijoeiro-comum inoculado ou não inoculado, nos experimentos com rendimentos abaixo de 600 kg ha ⁻¹	111
Tabela 27	Valores médios referentes ao número de nódulos (NN) do feijoeiro-comum dos tratamentos e locais de cultivo, inoculado ou não inoculado, nos experimentos com rendimentos abaixo de 600 kg ha ⁻¹	112
Tabela 28	Valores médios referentes à massa seca de nódulos (MSN) do feijoeiro-comum em função dos tratamentos e locais de cultivo, inoculado ou não inoculado, nos experimentos com rendimentos abaixo de 600 kg ha ⁻¹	113

Tabela 29	Valores médios referentes ao acúmulo de nitrogênio na parte aérea (ANPA) do feijoeiro-comum em função dos tratamentos e locais de cultivo, inoculado ou não inoculado, nos experimentos com rendimentos abaixo de 600 kg ha ⁻¹	113
Tabela 30	Resumo da análise de variância (Quadrados Médios) dos dados referentes à vagem por planta (V/P), grão/vagem (G/V), rendimento de grãos (RG) e acúmulo de nitrogênio nos grãos (ANG) do feijoeiro-comum inoculado ou não inoculado, nos experimentos com rendimentos abaixo de 600 kg ha ⁻¹	114
Tabela 31	Valores médios dos dados referentes a vagens por planta (V/P) e grãos por vagem (G/V), de feijoeiro-comum em função de tratamentos e locais de cultivo, nos experimentos com rendimentos abaixo de 600 kg ha ⁻¹	115
Tabela 32	Valores médios referentes a rendimentos de grãos (RG) do feijoeiro-comum tratamentos e locais de cultivo, nos experimentos com rendimentos abaixo de 600 kg ha ⁻¹	116
Tabela 33	Valores médios referentes ao acúmulo de nitrogênio nos grãos (ANG) do feijoeiro-comum, em função de tratamento e locais de cultivo, nos experimentos com rendimentos abaixo de 600 kg ha ⁻¹	116
Tabela 34	Valores referentes a rendimentos de grãos (RG), custo total efetivo(CTET), receita bruta do tratamento (RBT), receita líquida do tratamento(RLT) e Receita Líquida em relação à testemunha (DRLt), nos experimentos com rendimentos abaixo de 600 kg ha ⁻¹	117

LISTA DE ABREVIações

20P	Só nitrogênio na semeadura (20 kg ha ⁻¹ de N fonte ureia)
ANG	Acúmulo de nitrogênio nos grãos
ANPA	Acúmulo de nitrogênio na parte aérea
CTET	Custo Total Efetivo do Tratamento
DAE	Dias após emergência
DAG/UFLA	Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras
DBC	Delineamento em blocos ao acaso
DBI/UFLA	Departamento de Biologia da Universidade Federal de Lavras
DRLt	Diferença de Receita Líquida em relação à testemunha
EPAMIG	Fazenda Sertãozinho da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais
EPAMIG1	Fazenda Sertãozinho da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais safra da seca
EPAMIG2	Fazenda Sertãozinho da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais safra de inverno
FAEPE	Fazenda Experimental da Fundação de Apoio ao Ensino, Pesquisa e extensão
FBN	Fixação Biológica de Nitrogênio
I + 20P	Inoculação + N semeadura (20 kg ha ⁻¹ de N fonte ureia)
I + 20P + 20C	Inoculação + N semeadura (20 kg ha ⁻¹ de N fonte ureia) + N cobertura (20 kg ha ⁻¹ de N fonte ureia)
I + 20P + 40C	Inoculação + N semeadura (20 kg ha ⁻¹ de N fonte ureia) + N cobertura (40 kg ha ⁻¹ de N fonte ureia)
I + 20P + 60C	Inoculação + N semeadura (20 kg ha ⁻¹ de N fonte ureia) + N cobertura (60 kg ha ⁻¹ de N fonte ureia)
IFET Bambuí	Instituto Federal de Ciência e Tecnologia de Minas Gerais

INOC	Só inoculação das sementes
MPE	Máxima produção econômica
MSN	Massa seca de nódulos
MSNT	Massa seca de nódulos transformada
MSPA	Massa seca da parte aérea
MSPAT	Massa seca da parte aérea transformada
NN	Número de nódulos
NNT	Número de nódulos transformado
NT4	Nível tecnológico quatro
PCG	Peso de 100 grãos
PFT	Produto físico total
RBT	Receita Bruta do Tratamento
RG	Rendimento de grãos
RLT	Receita Líquida do Tratamento
S/V	Sementes por vagem
TEST	Testemunha (sem nitrogênio na semeadura e sem inoculação das sementes)
TEST C/N	Testemunha que recebeu 80 kg ha ⁻¹ de nitrogênio na forma de ureia e sem inoculação de bactérias
TEST S/N	Testemunha que não recebeu adubação mineral nitrogenada e sem inoculação de bactérias
UFC	Unidade formadoras de colônias
UFLA	Universidade Federal de Lavras
V/P	Vagens por planta

SUMÁRIO

	CAPÍTULO 1 Introdução Geral	26
1	INTRODUÇÃO	26
2	REFERENCIAL TEÓRICO	28
2.1	O feijoeiro	28
2.2	O nitrogênio mineral	29
2.3	Aplicação conjunta de N-mineral e inoculação do feijoeiro	30
2.4	Bactérias fixadoras de nitrogênio e suas eficiência agrônomicas ..	32
	REFERÊNCIAS	35
	CAPÍTULO 2 Resposta do feijoeiro-comum à inoculação das sementes na presença de nitrogênio na semeadura e em cobertura e sua eficiência econômica	39
1	INTRODUÇÃO	41
2	MATERIAL E MÉTODOS	43
2.1	Experimentos de campo	43
2.2	Eficiência Econômica.	50
3	RESULTADOS	52
3.1	Resultados safra inverno/primavera 2009. DBI/UFLA e FAEPE.	52
3.2	Safra inverno/primavera 2010. DAG/UFLA	56
3.3	Safra inverno/primavera 2010. EPAMIG	59
4	ESTUDO ECONÔMICO	63
4.1	Safra inverno/primavera 2009. DBI/UFLA	63
4.2	Safra inverno/primavera 2009. FAEPE	64
4.3	Safra inverno/primavera 2010. DAG/UFLA	66
4.4	Safra inverno/primavera 2010. EPAMIG	67
5	DISCUSSÃO	69
6	CONCLUSÕES	74
	REFERÊNCIAS	75
	CAPÍTULO 3 Eficiência agrônômica de novas estirpes de bactérias para feijoeiro-comum no estado de Minas Gerais e a resposta econômica a inoculação	79
1	INTRODUÇÃO	81
2	MATERIAL E MÉTODOS	83
3	EFICIÊNCIA ECONÔMICA	93
4	RESULTADOS	94
4.1	Análise conjunta: produtividades acima de 1100 kg ha⁻¹	94
4.2	Análise conjunta: produtividades entre 900 a 1100 kg ha⁻¹	102
4.3	Análise conjunta: experimentos com rendimentos abaixo de 600 kg ha⁻¹	110
5	DISCUSSÃO	118

6	CONCLUSÃO	126
	REFERÊNCIAS	127

CAPÍTULO 1 Introdução Geral

1 INTRODUÇÃO

O feijoeiro-comum (*Phaseolus vulgaris*) é amplamente cultivado em todo território nacional, por pequenos, médios e grandes agricultores, sendo este último cultivado na safra das águas sob irrigação. O Brasil é o maior produtor e consumidor. É excelente fonte de proteínas e carboidratos para a população, principalmente para as famílias de pequenos agricultores que o produzem e consomem como cultura de subsistência. Esta leguminosa é capaz de associar-se com bactérias do gênero *Rhizobium*, que fornecem nitrogênio a planta de forma natural, podendo reduzir de forma total ou parcial a adubação nitrogenada.

O nitrogênio é elemento essencial ao feijoeiro-comum, podendo ser fornecido à planta através da adubação nitrogenada, decomposição da matéria orgânica ou através da fixação biológica de nitrogênio. A adubação nitrogenada é amplamente difundida, mas pode trazer risco ao meio ambiente pela contaminação dos lençóis freáticos de água através da lixiviação e contribuir para poluição atmosférica através de volatilização de gases, além de onerar os custos de produção. A matéria orgânica do solo também fornece nitrogênio às plantas, no entanto, nem sempre a demanda da planta pelo nitrogênio coincide com a mineralização e resultados de campo indicam que a origem da matéria orgânica influencia os resultados. Portanto, a fixação biológica de nitrogênio, através de bactérias diazotróficas é uma alternativa viável ao fornecimento de nitrogênio, além de reduzir os custos de produção e evitar a contaminação ambiental.

Diversos são os trabalhos que avaliam a eficiência agrônômica de estirpes de bactérias fixadoras de nitrogênio e os resultados encontrados na literatura são promissores para a adoção da tecnologia, no entanto, devido à

ampla diversidade de clima e solos encontrados, aliada aos níveis tecnológicos empregados na produção, torna-se difícil adotar o melhor manejo e escolha da estirpe a ser utilizada. Contudo, vale ressaltar que para a inoculação das sementes conjunta à adubação nitrogenada, poucos são estes trabalhos.

O objetivo do trabalho foi avaliar a eficiência agrônômica da estirpe CIAT 899 conjunta à adubação nitrogenada em semeadura e cobertura em três ambientes distintos, nas safras de inverno de 2009 e 2010, sob irrigação e avaliar a eficiência simbiótica de cinco estirpes de bactérias (UFLA 02-100, UFLA 02-127, UFLA 02-68, UFLA 04-195 e CIAT 899), comparadas aos tratamentos controles; 1- com adubação mineral de 80 kg de N-ureia ha⁻¹ e 2- sem adubação mineral, ambos os tratamentos sem inoculação, além de fazer uma avaliação econômica de todos os resultados encontrados.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O feijoeiro

O feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) pertence à classe Dicotyledoneae, família Leguminosae, gênero *Phaseolus*. O Brasil destaca-se no cenário mundial, por ser o maior produtor e consumidor, sendo sua produção consumida em sua totalidade em território nacional. Dentre as características que o torna de grande importância na dieta da população brasileira, destaca-se seu alto teor de proteínas e ferro, além de ser excelente fonte de carboidratos.

A produtividade média do feijoeiro-comum é de 900 kg ha⁻¹, principalmente por ser plantada, em quase sua totalidade por pequenos agricultores, que utilizam baixo nível tecnológico de produção e em solos de baixa fertilidade natural. No entanto, percebe-se uma mudança neste cenário, uma vez que, grandes produtores de grãos, estão começando a plantar e comercializar, principalmente na safra de inverno, como cultura de entressafra, principalmente pelo rápido ciclo e preços mais elevados, empregando níveis tecnológicos mais altos e sistema de irrigação.

No Brasil, o feijoeiro é cultivado em três safras: a primeira safra das águas corresponde ao período de outubro/novembro, que coincide com o período chuvoso; sendo a segunda considerada da seca cultivada no final de fevereiro ou começo de março, com o fim das chuvas; e a safra de inverno, cultivado em abril/maio, com utilização de irrigação.

A safra avaliada de 2011 foi de aproximadamente, 3,5 milhões de toneladas, considerando o somatório das três safras. (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2010).

O feijoeiro-comum é de ciclo curto, com alta demanda pelo nitrogênio, sendo este o elemento mais extraído e exportado pela cultura. O nitrogênio é um

elemento escasso nos solos tropicais e as principais fontes, nítrica e amoniacal, as quais podem estar disponíveis à planta são obtidas a partir da decomposição da matéria orgânica do solo, da adubação mineral com fertilizantes nitrogenados e da fixação biológica de nitrogênio por bactérias nodulíferas de leguminosas.

2.2 O nitrogênio mineral

O nitrogênio é um macronutriente essencial às plantas, e é encontrado em abundância na atmosfera na forma de N_2 , que apesar de representar 78% do constituinte dos gases, não está prontamente disponível às plantas.

Para a conversão do N_2 em fertilizantes, há um elevado consumo de energia, no processo industrial denominado “*Haber-Bosch*” que converte o N_2 em NH_3 , em altas temperaturas (300 a 600°C) e pressões (200 a 800 atm), elevando o preço dos fertilizantes nitrogenados, além de ser um processo poluente, tendo como fonte de energia o petróleo.

Quando aplicado ao solo o nitrogênio é rapidamente absorvido pelas plantas. No entanto, sua eficiência é considerada baixa, em torno de 50% devido às perdas por lixiviação e volatilização ocasionadas por manejo inadequado do solo. Suas perdas no sistema solo, ar e água, representam sérios riscos de contaminação ambiental (CANTARELLA, 2007).

Apesar dos riscos ambientais que os fertilizantes nitrogenados representam ao meio ambiente, sua utilização na agricultura é amplamente difundida e respostas econômicas à adubação de nitrogênio no campo são encontradas, podendo ser obtidas altas produtividades. Silva e Silveira (2000) obtiveram resposta à adubação de até 120 kg ha⁻¹ de N, com produtividade de 2302 kg ha⁻¹. Santos et al. (2003), verificaram que a dose econômica em resposta a diferentes doses de nitrogênio é de 167 kg ha⁻¹, para uma produtividade de 2700 kg ha⁻¹. Farrinelli et al. (2006), para dose de 160 kg ha⁻¹ encontraram

produtividade de 3071 kg ha⁻¹. Entretanto, essas altas doses elevam os custos de produção do feijoeiro, além dos riscos ambientais envolvidos. No entanto, trabalhos demonstram que há possibilidade da aplicação conjunta de nitrogênio mineral com a inoculação de bactérias fixadoras de nitrogênio, podendo assim reduzir os custos de produção e os impactos ambientais relacionados a altas aplicações de N e manejo inadequado.

2.3 Aplicação conjunta de N-mineral e inoculação do feijoeiro

Os trabalhos que tratam da inoculação das sementes com rizóbios e aplicação de nitrogênio em plantio e em cobertura são controversos, apresentando resultados negativos e positivos. A interpretação de dados de algumas dessas publicações é dificultada pela ausência dos dados sobre número e massa seca de nódulos e presença de rizóbios nativos, pois estes parâmetros são fundamentais para interpretação dos resultados.

Trabalhos recentes vêm demonstrando que pequenas doses de nitrogênio no plantio como adubação de arranque do ciclo do feijoeiro-comum (semeadura), beneficiam o desenvolvimento do sistema radicular do feijoeiro, que é superficial e de baixa exploração do solo, de forma a aumentar os sítios de infecção radicular, beneficiando as bactérias inoculadas às sementes e conseqüentemente aumentando a taxa de nitrogênio fixado (BRITO; MURAOKA; SILVA, 2011; TSAI et al., 1993). No entanto, a melhor absorção de nitrogênio pelas raízes é influenciada pela adequada nutrição com fósforo no solo. Uma melhor nutrição do feijoeiro-comum com fósforo favorece a absorção de nitrogênio, assim como do nitrato a amônio para formação dos aminoácidos (FERNAMDES; ROSSIELO, 1995). A deficiência de fósforo no solo, conseqüentemente na planta, reduz a fotossíntese, reduzindo assim a translocação de nutrientes para os nódulos, reduzindo a atividade da enzima

nitrogenase responsável pela fixação de nitrogênio atmosférico (ARAÚJO; MACHADO, 2006).

Vargas et al. (1993), em estudo com diferentes cultivares verificaram efeito da inoculação combinado a N-mineral, porém as respostas foram diferenciadas nas cultivares e dependeram da dose aplicada. Segundo Bassan et al. (2001), a inoculação de sementes com *Rhizobium tropici* CIAT 899 não influenciam a produtividade da cultivar Perola após cultivo de braquiária em Serviria, MS. Andrade et al. (2001), com a cv. Carioca-MG, não observaram diferenças de rendimento de grãos entre a testemunha absoluta (1160 Kg ha⁻¹) e o tratamento apenas inoculado (1282 Kg ha⁻¹); a inoculação + N cobertura foi intermediário (1723 Kg ha⁻¹) e N semeadura + N cobertura foi o melhor tratamento (2241 Kg ha⁻¹).

Vieira et al. (2005), em estudo com duas cultivares, uma do grupo carioca e outra de feijão preto, submetidas à adubação PK, PK+N, PK+inoculação ou somente inoculação (estirpes SEMIA 4077 e SEMIA 4080 de *Rhizobium tropici*), não constataram comportamento diferencial dos genótipos. Tsai et al. (2003), mostraram que doses de 15 mg de N vaso⁻¹ no início do ciclo da cultura, em complementação de fertilidade para níveis médios, melhoram as condições para os processos de formação de nódulos.

Brito, Muraoka e Silva (2011), em experimentos utilizando N₁₅, mostraram que na dose de 15 mg de N por vaso, a FBN foi capaz de suprir a exigências nutricionais com este elemento. Romanini Júnior et al. (2007), combinando a inoculação com doses de N-mineral, na semeadura (0 ou 10 Kg ha⁻¹ de N, fonte ureia) e em cobertura (0, 25, 50 e 75 Kg ha⁻¹ de N, fonte ureia) em duas cultivares de feijão, verificaram que, em média, em dois anos de cultivo, a inoculação proporcionou incrementos de 17% em relação à testemunha sem inoculação. Pelegrini et al. (2009), verificaram que a inoculação

das sementes associada com 20 kg de N na semeadura trouxe retornos econômicos semelhantes aos da adubação com 160 kg ha⁻¹ de N mineral.

Outra possibilidade de fornecimento de nitrogênio para cultura do feijoeiro é a inoculação de bactérias sem o fornecimento de nitrogênio mineral em plantio.

2.4 Bactérias fixadoras de nitrogênio e suas eficiências agronômicas

O feijoeiro-comum é considerado uma planta “promíscua”, capaz de associar-se com vários gêneros de bactérias. São descritos atualmente vários gêneros de bactérias nodulíferas para a cultura: *Rhizobium leguminosarum* bv. *phaseoli* (JORDAN, 1984), *Rhizobium tropici* (MARTINEZ-ROMERO et al., 1991), *Rhizobium etli* bvs. *mimosae* e *phaseoli* (SEGOVIA; YOUNG; MARTINEZ-ROMERO, 1993; WANG et al., 1999), *Rhizobium gallicum* bvs. *gallicum* e *phaseoli* (AMARGER; MACHERET; LAGUERRE, 1997), *Rhizobium giardinii* bvs. *giardinii* e *phaseoli* (AMARGER; MACHERET; LAGUERRE, 1997), *Rhizobium mongolense* (VAN BERKUN et al., 1998), *Rhizobium yanglingense* (TAN et al., 2001), *R. (Sinorhizobium) fredii* (SCHOLLA; ELKAN, 1984), *Sinorhizobium americanum* (TOLEDO; LLORET; MARTINEZ-ROMERO, 2003) *R. (Mesorhizobium) loti* (JORDAN, 1984) e *R. (Mesorhizobium) huahuii* (CHEN et al., 1991) e *Azorhizobium doebereineriae* (MOREIRA et al., 2006). Apesar de sua alta capacidade de nodulação não são todos os gêneros capazes de fornecer nitrogênio de forma satisfatória à cultura (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). Atualmente, as estirpes recomendadas como inoculantes comerciais de feijoeiro no Brasil contém duas estirpes de *R. tropici*: CIAT 899, (= BR 322 = SEMIA 4077) e PRF 81 (=BR 520 = SEMIA 4080). Entre as bactérias nodulíferas, trabalhos apontam para uma melhor resposta cultivar/bactéria para as estirpes do gênero *Rhizobium*.

Estima-se que as quantidades de nitrogênio fixados por bactérias no feijoeiro variam de 4 a 165 kg ha⁻¹ a cada ano (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). Rennie (1984) verificou taxa de fixação em até 110 Kg ha⁻¹ de N por cultivo e Tsai et al. (1993) encontraram valor de fixação de 60 kg de N ha⁻¹.

Em solos de cerrado e sem irrigação, Peres et al. (1994) observaram que os ganhos de produtividade obtidos com a inoculação de estirpes de *Rhizobium* foram de 63 a 290 kg ha⁻¹ em relação às testemunhas não inoculadas.

Avaliando o comportamento do feijoeiro inoculado com cinco estirpes de *Rhizobium tropici*, Ferreira et al. (2000) obtiveram, sob sistema de irrigação, produtividades de 2142 kg ha⁻¹ com a estirpe F35 e de 1921 kg ha⁻¹ com a testemunha sem nitrogênio mineral e sem inoculação representando um aumento de 12% na produção.

Raposeiras et al. (2006), selecionando estirpes de *Rhizobium* mais efetivas e competitivas, a fim de aumentar a produção do feijoeiro, selecionaram uma estirpe de *R. tropici* com índices de produtividade, em três cultivos, iguais ou superiores aos obtidos nos tratamentos que receberam adubação nitrogenada. A produtividade da estirpe selecionada SLA 2.2, nos três cultivos, variou de 1.625 a 3.142 kg ha⁻¹. Em um Argissolo Vermelho eutrófico adubado com 70 kg ha⁻¹ de P₂O₅ sob irrigação, no período de inverno, Lemos et al. (2003) utilizando a cv. Carioca, inoculada com a estirpe CM 255 de *Rhizobium tropici*, obtiveram produtividades de 2858 kg ha⁻¹. Hungria et al. (2000), estudando a eficiência de novos isolados, obtiveram rendimentos de 1356 a 3520 kg ha⁻¹, com resposta à inoculação, que proporcionou rendimentos de grãos semelhantes ao da estirpe referência CIAT 899 e mesmo da testemunha com nitrogênio mineral, que recebeu 60kg ha⁻¹ de N (ureia).

Na região de Formiga - MG, com a cv. Pérola, Nogueira (2005) testou as estirpes CIAT 899 de *R. tropici*, UFLA 02-100 de *R. etli*, UFLA 02-86 de *R. etli* bv. *phaseoli* e UFLA 02-127 de *R. leguminosarum* bv. *phaseoli*, mais duas

testemunhas (sem N mineral e sem inoculação e outra com 80 Kg ha⁻¹ de N). Observou que a inoculação com as estirpes UFLA 100 e UFLA 127 contribuiu de forma significativa para o aumento de rendimento de grãos no feijoeiro, com economia do fertilizante nitrogenado.

Em Lavras-MG, Ferreira et al. (2009), testando as estirpes CIAT 899 (*R. tropici*), UFLA 02-100 (*R. etli*), UFLA 02-86 (*R. etli* bv. *phaseoli*), UFLA 02-127 (*R. leguminosarum* bv. *phaseoli*) e UFLA 02-68 (*R. etli* bv. *mimosae*) inoculadas em sementes da cv. Talismã, verificaram que a estirpe UFLA 02-68 superou as demais, inclusive a CIAT 899, e promoveu rendimento de grãos semelhante ao da testemunha com 80 Kg ha⁻¹ de N. Mostasso et al. (2001) obtiveram resultados de rendimento de grãos de 1612 a 2600 kg ha⁻¹, como resultado da inoculação com estirpes selecionadas, sendo que as melhores se mostraram similares à CIAT 899. Soares et al. (2006), avaliando a produtividade do feijoeiro inoculado com quatro estirpes de rizóbio, em Perdões, MG, observaram que a estirpe UFLA 02-100 proporcionou aumento de 487,5 kg ha⁻¹ no rendimento de grãos em relação à testemunha sem nitrogênio e não diferiu da estirpe recomendada CIAT899, nem da testemunha que recebeu 70 kg ha⁻¹ de nitrogênio.

Portanto, a fixação de nitrogênio de bactérias pode sim ser uma alternativa viável para substituição total ou parcial de fertilizantes químicos nitrogenados.

REFERÊNCIAS

- AMARGER, N.; MACHERET, V.; LAGUERRE, G. *Rhizobium gallicum* sp.nov. and *Rhizobium giardinii* sp.nov. from *Phaseolus vulgaris* nodules. **International Journal of Systematic Bacteriology**, Washington, v. 47, n. 4, p. 996-1006, 1997.
- ANDRADE, M. J. B. et al. Resposta do feijoeiro às adubações nitrogenada e molíbdica e à inoculação com *Rhizobium tropici*. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 4, p. 934-940, 2001.
- ARAÚJO, A. P.; MACHADO, C. T. T. Fósforo. In: FERNANDES, M. S. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 253-281.
- BASSAN, D. A. Z. et al. Inoculação de sementes e aplicação de nitrogênio e molibdênio na cultura do feijão de inverno: produção e qualidade fisiológica de sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 23, n. 1, p. 76-83, 2001.
- BRITO, M. M. P.; MURAOKA, T.; SILVA, E. Contribuição da fixação biológica de nitrogênio, fertilizante nitrogenado e nitrogênio do solo no desenvolvimento de feijão e caupi. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 1, p. 206-215, 2011.
- CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R. F. et al. **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: UFV, 2007. 1017 p.
- CHEN, W. X. et al. *Rhizobium huahuii* sp.nov. isolated from root nodules of *Astragalus sinicus*. **International Journal of Systematic Bacteriology**, Washington, v. 41, n. 2, p. 275-280, 1991.
- FERREIRA, A. N. et al. Estirpes de *Rhizobium tropici* na inoculação do feijoeiro. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, n. 3, p. 507-512, 2000.
- 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.

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, Oct. 2000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=2010&id_pagina=1>. Acesso em: 15 nov. 2010.

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

LEMOS, L. B. et al. Inoculação de rizóbio e adubação nitrogenada em genótipos de feijoeiro. **Agronomia**, Seropédica, v. 37, n. 1, p. 27-32, 2003.

MOREIRA, F. M. S. et al. Azorhizobium doebereinae sp. Nov. microsymbiont of Sesbania virgata (Caz.) Pers. **Systematic and Applied Microbiology**, Oxford, v. 29, n. 3, p.197-206, 2006.

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

MOSTASSO, L. et al. Selection of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) rhizobial strains for the Brazilian Cerrados. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 73, n. 2/3, p. 121-132, 2001.

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.

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

PERES, J. R. R. et al. Efeito da inoculação com rizóbio e da adubação nitrogenada em sete cultivares de feijão em solo de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 18, n. 3, p. 415-420, 1994.

RAPOSEIRAS, R. et al. Rhizobium strains competitiveness on bean nodulation in Cerrado soils. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 3, p. 439-447, 2006.

RENNIE, R. J. Comparison of N balance and ¹⁵N isotope dilution to quantify N₂ fixation in field grown legumes. **Agronomy Journal**, Madison, v. 76, p. 785-790, 1984.

ROMANINI JÚNIOR, A. et al. Avaliação da inoculação de rizóbio e adubação nitrogenada no desenvolvimento do feijoeiro, sob sistema plantio direto. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 23, n. 4, p. 74-82, out./dez. 2007.

SANTOS, A. B. et al. Resposta do feijoeiro ao manejo de nitrogênio em várzea tropicais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, p. 11, p. 1265-1271, nov. 2003.

SCHOLLA, L.; ELKAN, G. H. *Rhizobium fredii* sp.nov., a fast-growing species that effectively nodulates soybean. **International Journal of Systematic Bacteriology**, Washington, v. 34, n. 4, p. 484-486, 1984.

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

SOARES, A. L. L. et al. Eficiência Agronômica de Rizóbios selecionados e diversidade de populações nativas nodulíferas em Perdões, MG. II-Feijoeiro. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Campinas, v. 30, n. 5, p. 803-811, 2006.

TAN, Z. Y. et al. *Rhizobium yanglingense* sp. nov. isolated from arid and semi-arid regions in China. **International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology**, Reading, v. 51, n. 3, p. 901-914, 2001.

TSAI, S. M. et al. Minimizing the effect of mineral nitrogen on biological nitrogen fixation in common bean by increasing nutrient levels. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 152, p. 131-138, 1993.

TOLEDO, I.; LLORET, L.; MARTINEZ-ROMERO, E. *Sinorhizobium americanum* sp. nov., a new *Sinorhizobium* species nodulating native *Acacia* spp. in Mexico. **Systematic and Applied Microbiology**, Jena, v. 26, n. 1, p. 54-64, 2003.

TSAI, S. M. et al. Minimizing the effect of mineral nitrogen on biological nitrogen fixation in common bean by increasing nutrient levels. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 152, p. 131-138, 1993.

VAN BERKUN, P. et al. *Rhizobium mongolense* sp. nov. is one of three rhizobial genotypes identified which nodulate and from nitrogen fixing symbioses with *Medicago ruthenica* [(L.)] ledebour. **International Journal of Systematic Bacteriology**, Reading, v. 48, n. 1, p.13-22, 1998.

VARGAS, M. A. T. et al. Resposta do feijoeiro à inoculação com *Rhizobium leguminosarum* bv. *phaseoli*, em condições de cerrado. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 4., 1993, Londrina. **Resumos...** Londrina: IAPAR, 1993. p. 126.

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

WANG, E. T. et al. *Rhizobium etli* bv. *mimosae*, a móvel biovar isolated from mimosae affinis. **International Journal of Systematic Bacteriology**, Reading, v. 49, n. 4, p.1479-1491, 1999.

CAPÍTULO 2 Resposta do feijoeiro-comum à inoculação das sementes na presença de nitrogênio na semeadura e em cobertura e sua eficiência econômica

RESUMO

A contribuição da fixação biológica de nitrogênio (FBN) em feijoeiro é motivo de controvérsia na literatura. Uma das possibilidades de aproveitamento da FBN é conciliar a prática de inoculação com a adubação de nitrogênio mineral. Este trabalho teve como objetivo verificar a compatibilidade da adubação nitrogenada com a fixação biológica de nitrogênio para o incremento da produtividade do feijoeiro-comum, assim como fazer uma avaliação econômica. Foram instalados quatro experimentos de campo nos municípios de Lavras, Ijaci e Patos de Minas, no estado de Minas Gerais, nas safras de inverno de 2009 e 2010. Os experimentos da safra 2009 foram instalados sob sistema plantio direto e os da safra de 2010 sob preparo convencional do solo. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com quatro repetições e sete tratamentos: 1: (TEST) - Testemunha (sem nitrogênio na semeadura e sem inoculação das sementes), 2: (INOC) - Só inoculação das sementes, 3: (20P) - Só nitrogênio na semeadura (20 kg ha⁻¹ de N fonte ureia), 4: (I + 20P) - Inoculação + N semeadura (20 kg ha⁻¹ de N fonte ureia), 5: (I + 20P + 20C) - Inoculação + N semeadura (20 kg ha⁻¹ de N fonte ureia) + N cobertura (20 kg ha⁻¹ de N fonte ureia), 6: (I + 20P + 40C) - Inoculação + N semeadura (20 kg ha⁻¹ de N fonte ureia) + N cobertura (40 kg ha⁻¹ de N fonte ureia), 7: (I + 20P + 60C) - Inoculação + N semeadura (20 kg ha⁻¹ de N fonte ureia) + N cobertura (60 kg ha⁻¹ de N fonte ureia). Verificou-se que altas doses de nitrogênio na forma de ureia influenciam negativamente a matéria seca de nódulos. A inoculação mais 20 kg ha⁻¹ de nitrogênio fonte ureia na semeadura não interferiram na massa seca de nódulos e promoveu produtividade comparável ao tratamento inoculado mais 80 kg ha⁻¹ de nitrogênio fonte ureia e que nem sempre a máxima produção representa o maior retorno econômico.

Palavras-chave: Fixação biológica de nitrogênio. *Rhizobium*. Inoculação conjunta. Doses de Nitrogênio. *Phaseolus vulgaris*.

ABSTRACT

The contribution of biological nitrogen fixation (BNF) in beans is controversial in the literature. One possible use of BNF is to reconcile the inoculation practice with mineral nitrogen fertilization. This work had as objective to verify the compatibility of nitrogen fertilization with biological nitrogen fixation to increase the productivity of common bean, as well as making an economic evaluation. It was installed four field experiments in the municipalities: Lavras, Ijaci and Patos de Minas, in Minas Gerais state, in the winter seasons of 2009 and 2010. The 2009 experiments were installed under no-tillage and the 2010 crop under conventional tillage. The experimental design was randomized blocks with four replications and seven treatments: 1: (TEST) - Control (without nitrogen at sowing and without seed inoculation), 2: (INOC) - Only seed inoculation, 3: (20P) - Only nitrogen at sowing (20 kg ha⁻¹ of N source urea), 4: (I + 20P) - Inoculation + N sowing (20 kg ha⁻¹ of N source urea), 5: (I + 20P + 20C) - Inoculation + N sowing (20 kg ha⁻¹ of N urea source) + N coverage (20 kg ha⁻¹ of N source urea), 6: (I + 20P + 40C) - Inoculation + N sowing (20 kg ha⁻¹ of N source urea) + N coverage (40 kg ha⁻¹ of N source urea), 7: (I + 20P + 60C) - Inoculation + N sowing (20 kg ha⁻¹ of N source urea) + N coverage (60 kg ha⁻¹ of N source urea). It was found that high doses of nitrogen in the urea form affect adversely the dry nodules weight. The inoculation more 20 kg ha⁻¹ of nitrogen source urea at sowing did not affect in the dry nodules weight and promoted productivity comparable to the treatment inoculated more 80 kg ha⁻¹ of nitrogen source urea and does not always the highest production represents the largest economic return.

Keywords Biological nitrogen fixation. *Rhizobium*. Combined inoculation. Nitrogen dosage. *Phaseolus vulgaris*.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil destaca-se no cenário mundial por ser o maior produtor e consumidor de feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.). A safra avaliada de 2011 foi de 3.577.663 t, considerando o somatório das três safras, com redução de produção na 1ª e 2ª safra (1.948.563 e 1.183.493 t, respectivamente), e aumento na 3ª safra (445.607 t) (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2011). A cultura dessa leguminosa no país apresenta baixa produtividade, em torno de 900 kg ha⁻¹.

A cultura apresenta grande importância nacional por ser cultivada, na sua grande maioria, por pequenos agricultores, os maiores responsáveis pelo abastecimento interno; entretanto, grandes produtores estão entrando no mercado, devido aos avanços na mecanização e irrigação, principalmente na 3ª safra. O feijoeiro-comum é a principal fonte de proteínas para a população e é também excelente fonte de carboidratos, principalmente para os produtores que o produzem como cultura de subsistência.

O feijoeiro-comum é exigente em nitrogênio e a baixa disponibilidade desse nutriente no solo é um dos fatores que contribui para a baixa produtividade, aliado ao fato de ser uma planta de ciclo curto e com raízes, que exploram pequena profundidade do solo.

A adubação mineral (ANDRADE et al., 2001; ARAÚJO et al., 2007) e a fixação biológica de nitrogênio (FERREIRA et al., 2009; RAPOSEIRAS et al., 2006; SOARES et al., 2006) são formas de corrigir o problema de deficiência de N nas plantas. Outra forma de suprir a planta com nitrogênio é pela decomposição da matéria orgânica do solo. Arf et al. (1999) observaram que os tratamentos que continham restos culturais de Mucuna-preta e Lab-lab (2407 e 2149 kg ha⁻¹, respectivamente) foram os que apresentaram os maiores valores de

rendimentos de grãos quando comprados os tratamentos que apresentaram restos culturais de milho (1189 kg ha^{-1}).

Poucos são os trabalhos relacionados à adubação mineral conjunta com a inoculação de bactérias fixadoras de nitrogênio em feijoeiro-comum e suas respostas são variadas. Estudos realizados por Tsai et al. (1993) em vasos de 3kg de solo mostraram que pequenas doses de nitrogênio (15 ppm de N), no início do ciclo do feijoeiro, em complementação de fertilidade para níveis médios, melhoram as condições para os processos de formação de nódulos. Brito, Muraoka e Silva (2011), em experimentos utilizando N15, em vasos com solo de 5kg, mostraram que na dose de 15 ppm de N, a fixação biológica de nitrogênio foi capaz de suprir a exigências nutricionais com este elemento. Contudo, vale ressaltar que nem sempre as respostas à inoculação são satisfatórias, necessitando de complementação com nitrogênio mineral (KANEKO et al., 2010; PELEGRINI et al., 2009; RAPOSEIRAS et al., 2006).

Quando se realiza a avaliação econômica de produção, verifica-se que, nem sempre as produtividades máximas estão relacionadas aos melhores retornos econômicas. Pelegrini et al. (2009), verificaram que a inoculação das sementes associada com $20 \text{ kg de N ha}^{-1}$ na semeadura trouxe retornos econômicos semelhantes aos da adubação com 160 kg ha^{-1} de N mineral.

Este trabalho teve como objetivo verificar a compatibilidade da adubação nitrogenada com a fixação biológica de nitrogênio para o incremento da produtividade de feijoeiro-comum, assim como sua viabilidade econômica.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Experimentos de campo

Foram conduzidos quatro experimentos em campo (TABELA 1). A representação esquemática dos locais de cultivo encontram-se na Figura 1. Dois foram conduzidos na safra de inverno/primavera de 2009, nos municípios de Lavras (Departamento de Biologia/DBI da Universidade Federal de Lavras/UFLA) e Ijaci (Fazenda Experimental da Fundação de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão/FAEPE), ambos situados na região Campos das Vertentes.

Tabela 1 Locais, data, coordenadas geográficas, cultura antecessora, preparo do solo, adubação, nível tecnológico e sistema de irrigação utilizado nos experimentos de cada localidade no Estado de Minas Gerais

Localidade	Data/ Safra	Coordenadas Geográficas	Cultura Antecessora	Preparo do Solo	Adubação*	Nível Tecnológico**	Sistema de Irrigação
Lavras DBI/UFLA	Junho/2009 Safra de Inverno	21°14' S, 45°00' W e 920 m	Milho	Plantio Direto	400 kg ha ⁻¹ de 0-28-10	NT4	Sim
Ijaci FAEPE	Junho/2009 Safra de Inverno	21°10' S e 55°30' W e 832 m	Feijoeiro-Comum	Plantio Direto	400 kg ha ⁻¹ de 0-28-10	NT4	Sim
Lavras DAG/UFLA	Fev/2010 Safra de Inverno	18°34' S, 46°31' W e 833 m	Feijoeiro-Comum	Sistema Convenciona	70 kg de P ₂ O ₅ ha ⁻¹ 20kg de K ₂ O ha ⁻¹	NT3	Sim
Patos de Minas EPAMIG	Fev/2010 Safra de Inverno	20°00' S, 45°58' W e 706 m	Trigo	Sistema Convenciona	70 kg de P ₂ O ₅ ha ⁻¹ 20kg de K ₂ O ha ⁻¹	NT3	Sim

*DBI/UFLA (Departamento de Biologia da Universidade Federal de Lavras); FAEPE (Fazenda Experimental da Fundação de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão); DAG/UFLA (Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras); EPAMIG (Fazenda Sertãozinho da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais). **NPK (Nitrogênio, Fósforo e Potássio); ***NT1 (Calagem, adubação, sementes catadas, 220.000 a 240.000 plantas/há, capinas até 30 dias após a emergência (DAE)). NT2 = (calagem, adubação, sementes fiscalizadas, 220.000 a 240.000 plantas/há, controle fitossanitário, tratamento de sementes) NT3 = (NT2, herbicidas, irrigação). NT4 = (NT3, apenas com maiores doses de adubos).

Lavras situa-se a 21°14' de latitude S, 45°00' de longitude W e 920 m de altitude e Ijaci situa-se a 21°10' de latitude S e 55°30' de longitude W e 832 m de altitude. O clima de ambas as cidades é segundo a classificação de Köppen, do tipo Cwa, temperado úmido, com inverno seco e verão quente e chuvoso (VIANELLO; ALVES, 1991). As características químicas do solo na camada de 0-20 cm encontram-se na Tabela 2. O solo de DBI/UFLA é classificado como Latossolo Vermelho Distroférico Típico Textura Argilosa (Tabela 3) e, o solo da FAEPE, como Latossolo Vermelho Distroférico Típico Textura Média (Tabela 3) (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 1999). Outros dois experimentos foram conduzidos na safra de inverno/primavera de 2010, nos municípios de Lavras (Departamento de Agricultura/DAG da UFLA) e Patos de Minas, na região do Alto Paranaíba, na Fazenda Sertãozinho da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais/EPAMIG. Patos de Minas situa-se a 18° 34 de latitude S, 46° 31' de longitude W e 833 m de altitude e seu clima é, segundo a classificação de Köppen, do tipo Cwa, tropical em altitudes elevadas, úmido com verão quente e seco e inverno frio (VIANELLO; ALVES, 1991). As características químicas do solo na camada de 0-20 cm encontram-se na Tabela 2. O solo do local DAG/UFLA é um Latossolo Vermelho Distroférico Típico Textura Argilosa e o da EPAMIG é um Latossolo Vermelho Eutroférico de Textura Franca (Tabela 3) (EMBRAPA, 1999).

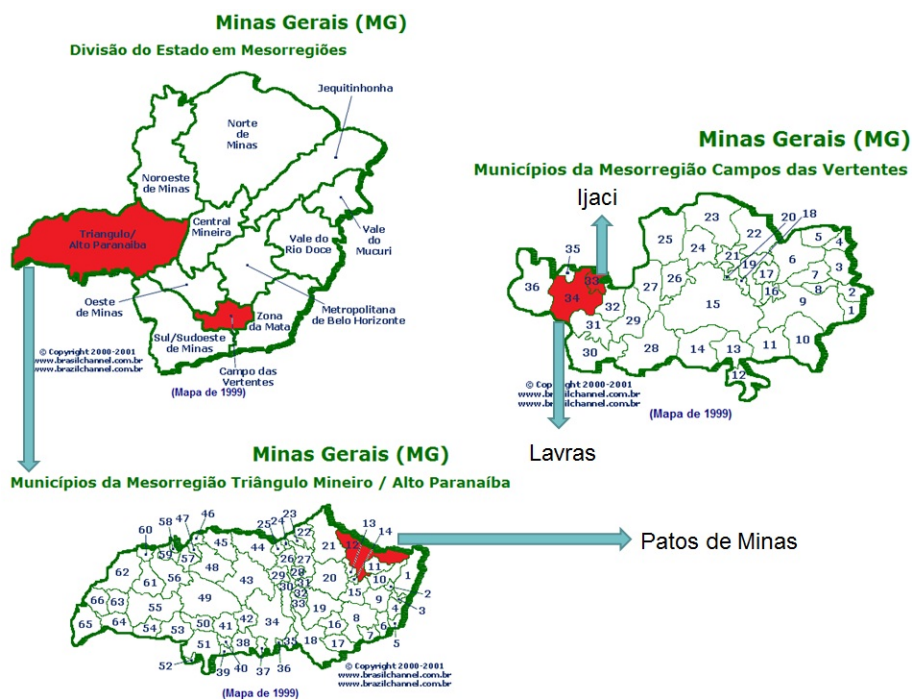


Figura 1 Representação esquemática do Estado de Minas Gerais, Regiões e as cidades que foram instalados os experimentos de campo referentes aos capítulo 2

Fonte: Minas Gerais (1999)

Os experimentos instalados no DBI/UFLA e na FAEPE foram conduzidos em sistema de plantio direto e os demais sob sistema convencional de preparo do solo, com uma aração e duas gradagens. Em nenhuma das áreas havia histórico de inoculação para cultura do feijoeiro. As culturas antecessoras foram milho em DBI/UFLA, feijão em DAG/UFLA e FAEPE, e trigo na EPAMIG. Em DBI/UFLA e FAEPE, foi feita a dessecação da vegetação remanescente com glyphosato (Roundup®) na dose de 360g L^{-1} . Em seguida, foi aplicado o herbicida pós-emergente fluazifop-p-butil + fomesafen (Robust®), na base de 240g L^{-1} de i.a. ha^{-1} . Na EPAMIG e DAG/UFLA o controle de plantas

daninhas foi capina manual, sempre que necessário. Em DAG/UFLA houve ataque moderado do coleóptero *Lagria villosa*, efetuando-se o controle com deltametrina (DECIS[®], 25g de i.a. L⁻¹), um inseticida do grupo dos piretroides aos 64 dias após emergência (DAE), aplicando-se 222 L ha⁻¹ de calda; no mesmo local foi aplicada isca formicida para o controle de formigas cortadeiras aos 7 DAE. Todas as áreas experimentais foram irrigadas: na FAEPE a irrigação foi por pivô central e nas demais áreas por aspersão convencional.

Em DBI/UFLA e FAEPE foram aplicados na base 400 kg ha⁻¹ de formulado 0-28-10 de N-P-K atendendo à recomendação da “5ª Aproximação” das Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes no Estado de Minas Gerais, nível tecnológico 4 (NT4) (CHAGAS et al., 1999).

Tabela 2 Composição química dos solos utilizados (camada 0 a 20 cm)¹

Características	Unidades	Locais			
		DBI/UFLA	FAEPE	EPAMIG	DAG/UFLA
pH em H ₂ O		5,8 M	6,0 M	6,0 M	6,0 M
P (Mehlich I)	mg/dm ³	29,9 B	12,8 M	35,7 M.B	3,1 M.B
K (Mehlich I)	mg/dm ³	67 M	97 B	75 B	51 M
Ca	cmol _c /dm ³	3,3 B	2,6 B	1,8 M	1,9 M
Mg	cmol _c /dm ³	1,3 B	1,2 B	0,8 M	0,5 M
Al	cmol _c /dm ³	0,0	0,0	0,1	0,0
H + Al	cmol _c /dm ³	2,9 M	2,9 M	5,0 M	2,1 B
SB	cmol _c /dm ³	4,8 B	4,1 B	2,8 M	2,5M
T	cmol _c /dm ³	4,8 B	4,4 B	7,8 M	4,6 M
T	cmol _c /dm ³	7,7 B	7,0 B	2,9 M	2,5 M
M	%	0,0	0,0	3,5M.Ba	0,0
V	%	62,2 B	58,3 M	35,6 B	55,0 M
M.O.	dag/kg	2,6 M	2,1 M	4,4 B	2,9 M
Zn	mg/dm ³	11,1 A	6,8 A	6,9 A	1,5 M
Fe	mg/dm ³	25,7 M	27,8 M	32,7 B	75,2 A
Mn	mg/dm ³	29,5 A	14,7 A	96,3 A	12,0 A
Cu	mg/dm ³	4,8 A	1,2 B	10,9 A	1,4 B
B	mg/dm ³	0,3 M.Ba	0,3M.Ba	0,3 M.Ba	0,1M.Ba
S	mg/dm ³	16,0	13,8	77,2	11,8

¹Análises realizadas pelo Laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Ciência do Solo da UFLA. B(Baixo), M(Médio), MB (Muito Bom), MBa(Muito baixo), A(Alto), M.O(Matéria orgânica do solo)

Tabela 3 Resultados da análise física de amostras de material dos solos utilizados (camada 0 a 20 cm)

Local	Textura dag/kg			Classe Textural
	Areia	Silte	Argila	
DBI/UFLA ¹	11	29	60	Argilosa
FAEPE ²	46	19	35	Textura Média
EPAMIG ³	47	35	18	Franco Arenoso
DAG/UFLA ⁴	39	7	54	Argilosa

⁽¹⁾Departamento de Biologia/Universidade Federal de Lavras; ⁽²⁾Fazenda Experimental da Fundação de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão; ⁽³⁾Fazenda Sertãozinho da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais; ⁽⁴⁾Departamento de Agricultura/Universidade Federal de Lavras

Em DAG/UFLA e EPAMIG foram aplicados, na base, 70 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 20 kg ha⁻¹ de K₂O, fontes superfosfato triplo e o cloreto de potássio, respectivamente, seguindo recomendação da “5ª Aproximação” para o nível tecnológico três (NT3) (CHAGAS et al., 1999).

A cultivar de feijoeiro-comum empregada foi a BRS MG Majestoso, de grãos tipo carioca graúdos (30,6 g por 100 grãos), hábito de crescimento do tipo II/III, ciclo de 87 dias e recomendada oficialmente para o Estado de Minas Gerais (ABREU et al., 2007).

A estirpe utilizada para a inoculação foi a CIAT 899 (SEMIA 4077) de *Rhizobium tropici* (GRAHAM; HALLIDAY, 1976), aprovada pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA), como inoculante para cultura do feijoeiro-comum. Os inoculantes foram preparados no Laboratório de Microbiologia do Solo do Departamento de Ciência do Solo da UFLA, crescidos em meio 79 (FRED; WAKSMAN, 1928) esterilizado. Após 48h de crescimento, na fase log, o material foi transferido para *erlemmeyer* contendo turfa esterilizada em autoclave por 20 minutos. A mistura resultante (inoculante), na proporção 3:2 (m:v) turfa: cultura, foi empregada na base de 100g por Kg de

semente. A qualidade do inoculante foi monitorada por meio de contagem de unidade formadoras de colônias (UFC), atendendo o número mínimo legal de células viáveis em torno de 10^9 UFC de *Rhizobium* por grama de inoculante na semeadura.

Cada unidade experimental (12m^2) consistiu de 6 linhas de 4 metros de comprimento com espaçamento de 0,5m entre fileiras e densidade de 15 sementes por metro. As linhas 1 e 6 foram consideradas bordaduras, as linhas 2 e 3 foram utilizadas para as amostragens na floração no estágio R6 do ciclo do feijoeiro (período em que se inicia com a abertura da primeira flor e termina com a queda da corola, expondo a primeira vagem em início de desenvolvimento), e as linhas 4 e 5 foram empregadas na colheita no estágio R8 (inicia-se após a primeira vagem ter atingido seu comprimento máximo e corresponde ao período em que as sementes apresentam crescimento mais pronunciado, até atingir seu tamanho final).

O delineamento experimental foi blocos ao acaso (DBC) com 4 repetições e 7 tratamentos em DBI/UFLA e FAEPE e 3 repetições em DAG/UFLA e EPAMIG. Os tratamentos foram: 1: (TEST) - Testemunha (sem nitrogênio na semeadura e sem inoculação das sementes), 2: (INOC) - Só Inoculação na semeadura, 3: (20P) - Só nitrogênio na semeadura (20 kg ha^{-1} de N fonte ureia), 4: (I + 20P) - Inoculação + N semeadura (20 kg ha^{-1} de N fonte ureia), 5: (I + 20P + 20C) - Inoculação + N semeadura (20 kg ha^{-1} de N fonte ureia) + N cobertura (20 kg ha^{-1} de N fonte ureia), 6: (I + 20P + 40C) - Inoculação + N semeadura (20 kg ha^{-1} de N fonte ureia) + N cobertura (40 kg ha^{-1} de N fonte ureia), 7: (I + 20P + 60C) - Inoculação + N semeadura (20 kg ha^{-1} de N fonte ureia) + N cobertura (60 kg ha^{-1} de N fonte ureia). Nos experimentos conduzidos na DBI/UFLA e FAEPE, as adubações de coberturas foram parceladas em duas vezes no caso do tratamento 6 ($20 + 20\text{ kg ha}^{-1}$ de N fonte ureia) e três vezes ($20 + 20 + 20\text{ kg ha}^{-1}$ de N fonte ureia) no tratamento 7,

iniciando as com intervalo de aplicações a partir do aparecimento do 1º par de folhas trifoliadas com intervalo de 10 dias sucessivamente. No experimento DAG/UFLA, as adubações de cobertura para os tratamentos 6 e 7 (20 + 20 kg ha⁻¹ de N fonte ureia) e (30 + 30 kg ha⁻¹ de N fonte ureia) respectivamente, foram parceladas em duas vezes: no aparecimento do 1º par de folhas trifoliadas e 10 após. Na EPAMIG foi realizada uma única aplicação de cobertura 30 dias após a emergência das plantas.

Quando 50% das plantas encontravam-se no estágio R6, foram coletadas aleatoriamente 10 plantas para avaliação do número (NN) e massa seca de nódulos em gramas em gramas (MSN), massa seca da parte aérea em gramas (MSPA) e acúmulo de nitrogênio na parte aérea, este último em miligramas por planta (ANPA). As 10 plantas foram coletadas por meio de poda da parte aérea rente ao solo e colocadas em sacos de papel kraft previamente identificados; as raízes foram coletadas com auxílio de uma pá reta e colocadas em sacos plásticos também previamente identificados para armazenamento em câmara fria a 4°C e posterior contagem e pesagem dos nódulos. Foi contado o número de nódulos destacando-os das raízes e seu peso foi calculado após secagem em estufa de circulação forçada a 60-70°C por 48h, até atingir peso constante. Para secagem da parte aérea foi realizado uma pré-secagem em casa de vegetação e posterior secagem em estufa de circulação forçada a 60-70°C por 48h até atingir peso constante. Após moagem em moinho tipo Willey marca TECNAL, foi calculado o teor de N na parte aérea das plantas pelo método semimicrokjedhal (nitrogênio total), de acordo com Sarruge e Haag (1979). O cálculo do acúmulo de nitrogênio na parte aérea (ANPA) foi feito pela multiplicação da MSPA com o teor de nitrogênio, sendo seu resultado expresso em miligramas por planta.

A colheita ocorreu quando as plantas estavam no estágio R8. Foram determinados o rendimento de grãos em kg ha⁻¹ (RG) e seus componentes primários de produção, vagens por planta (V/P), sementes por vagem (S/V) e

peso de 100 grãos em gramas (PCG), além do acúmulo de nitrogênio nos grãos em kg ha^{-1} (ANG). Para o cálculo do teor de nitrogênio dos grãos, primeiro os grãos foram moídos em moinho tipo Willey marca TECNAL; utilizou-se método semimicrokjedhal (nitrogênio total), de acordo com Sarruge e Haag (1979). O cálculo do acúmulo de nitrogênio nos grãos (ANG) foi feito por multiplicação do rendimento de grãos pelo teor de nitrogênio e seu resultado foi expresso em kg ha^{-1} . Para a determinação de vagens por planta, sementes por vagem e peso de cem grãos, foram amostradas 10 plantas das linhas 4 e 5. A massa de 100 grãos teve sua umidade corrigida para 13% e sua massa foi somada ao restante da colheita final que também teve sua umidade corrigida para 13%, e expresso em kg ha^{-1} . O teor de umidade inicial nos grãos foi determinado em medidor de umidade Gehaka G600.

Todos os dados obtidos foram submetidos a testes de normalidade e homocedasticidade de variâncias, utilizando-se o *software* R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2010) e, sempre que necessário, os dados foram transformados para $(x + 0,5)^{0,5}$. Após esses procedimentos, os dados foram submetidos à análise de variância (PIMENTEL-GOMES, 2009), utilizando-se o *software* de análise estatística Sisvar[®] (FERREIRA, 2000). Nos casos de efeito significativo de tratamentos, a comparação das médias foi feita pelo teste de Scott-Knott (1974), no nível de 5% de probabilidade.

2.2 Eficiência Econômica

Os resultados dos ensaios em campo foram utilizados para a obtenção de funções de produção, ou seja, das relações entre as produtividades e as doses de nitrogênio mais o fator inoculação. Entretanto, vale ressaltar que os tratamentos testemunha (TEST) e 20 kg ha^{-1} de nitrogênio na semeadura (20P), não foram incluídos na curva de regressão, mas seus dados foram plotados no gráfico para

efeito de comparação. De posse da equação de regressão, foi calculado o produto físico total (PFT) e a dose de nitrogênio correspondente.

Os resultados experimentais foram utilizados para uma estimativa econômica com base nas produções e nos custos do fertilizante nitrogenado, inoculante e horas de trator (semeadura e adubações de cobertura), considerando as demais despesas como comuns a todos os tratamentos e, portanto, não contabilizados (REIS, 2002). Para esta avaliação não foi considerada a análise conjunta entre os experimentos da safra de 2009 (DBI/UFLA e FAEPE). Esta apreciação baseou-se na estimativa dos seguintes parâmetros: 1- Custo Total Efetivo do Tratamento (CTET); somatório das despesas com fertilizante, inoculantes e horas trator (Uma hora trator para todos os tratamentos e adicional de horas trator para os tratamentos conforme metodologia descrita para aplicações de cobertura em cada local de cultivo). 2- Receita Bruta do Tratamento (RBT); é a multiplicação da produção pelo valor do quilo do feijão (para preço do feijão foi feita uma consulta do site AGROINK, Unaí-MG, onde a saca de feijão de 60 kg era de R\$ 107,50). 3- Receita Líquida do Tratamento (RLT); representa a subtração da receita bruta do tratamento pelo custo total efetivo. 4- Diferença de Receita Líquida em relação à testemunha (DRLt); é a subtração da receita líquida de todos os tratamentos pela testemunha (TEST). O valor da hora trator foi obtido por meio de pesquisa de mercado com tratoristas nas regiões onde foram instalados os experimentos com média de R\$60,00 por hora. O preço do inoculante de mercado é R\$ 5,00 a dose da ureia R\$45,00 no saco de 50,00 kg.

3 RESULTADOS

3.1 Resultados safra inverno/primavera 2009. DBI/UFLA e FAEPE

No resumo da análise de variância conjunta dos dados obtidos nos dois locais (Tabela 4) observa-se efeito significativo dos tratamentos sobre MSPA, NNT, MSN e MSNT e de locais sobre, MSPA, MSN, MSNT e ANPA. A interação entre os dois fatores foi significativa apenas no caso da MSPA.

Tabela 4 Análise de variância (Quadrados Médios) dos dados referentes à matéria seca da parte aérea (MSPA), número de nódulos (NN), número de nódulos transformados (NNT), massa seca de nódulos (MSN), matéria seca de nódulos transformados (MSNT) e acúmulo de nitrogênio da parte aérea (ANPA), de feijoeiro-comum inoculado ou não inoculado, submetido a diferentes adubações de nitrogênio, DBI/UFLA e FAEPE- MG, 2009

FV	GL	MSPA (g)	NN	NNT	MSN (g)	MSNT	ANPA (mg/planta)
Tratamento	6	3327,38**	54599,51	61,31*	0,91**	0,17**	101532,38
Local	1	56410,23**	18724,57	35,57	2,41**	0,36**	2570781,46**
T*L	6	3119,31**	32311,86	25,09	0,07	0,008	65841,91
Bloco (Local)	6	2170,39*	46686,60	40,62	0,81*	0,11*	175669,54
Erro	36	665,74	31006,80	26,80	0,27	0,03	51863,49
CV(%)	-	23,54	77,44	36,94	66,21	17,52	34,81

**Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de F; *Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de t.

Como pode ser observado na Tabela 5, no desdobramento do efeito dos tratamentos sobre à MSPA dentro de cada local, não houve diferença entre os tratamentos na FAEPE, mas diferiram em DBI/UFLA, com o tratamento TEST inferior aos demais, que de alguma forma, receberam fontes de nitrogênio. Não foi observada diferença significativa entre tratamentos para NNT. Para MSN e MSNT os tratamentos que receberam adubação mineral de cobertura (**I + 20P**

+20C, I + 20P +40C e I + 20P +60C) apresentaram as menores médias, mostrando efeito inibitório parcial de doses de nitrogênio total superiores a 40 kg ha⁻¹. O ANPA não mostrou diferenças significativas entre tratamentos. Quando se compara os locais, o DBI/UFLA apresenta maiores médias para MSN, MSNT e ANPA, diferindo estatisticamente da FAEPE (Tabela 6).

Tabela 5 Valores médios referentes à MSPA da interação obtida entre locais de cultivo e tratamentos, DBI/UFLA e FAEPE- MG, 2009

Tratamento	DBI/UFLA	FAEPE	Médias
TEST	58,31 b	72,73 a	65,52 b
INOC	134,38 a	94,56 a	114,47 a
20P	148,21 a	79,23 a	113,72 a
I + 20P	175,51 a	81,03 a	128,27 a
I + 20P +20C	156,52 a	85,40 a	120,96 a
I + 20P +40C	153,00 a	64,82 a	108,91 a
I + 20P +60C	163,52 a	67,33 a	115,43 a
Médias	141,35 a	77,87 b	109,61

Em cada coluna, médias seguidas pelas mesmas letras pertencem a um mesmo grupo, de acordo com o teste Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 6 Valores médios referentes à MSPA, NN, NNT, MSN, MSNT e ANPA de feijoeiro-comum inoculado ou não inoculado, submetido a diferentes adubações de nitrogênio, UFLA/DBI e FAEPE- MG, 2009

Tratamento	NN	NNT	MSN (g)	MSNT	ANPA (mg/planta)
TEST	295,25	16,45 a	1,05 a	1,23 a	419,07
INOC	327,37	17,14 a	1,12 a	1,25 a	661,70
20P	300,00	16,23 a	1,13 a	1,23 a	658,78
I + 20P	174,75	13,26 a	1,00 a	1,20 a	667,75
I + 20P +20C	180,25	12,62 a	0,42 b	0,95 b	785,74
I + 20P +40C	203,00	13,03 a	0,70 b	1,08 b	704,23
I + 20P +60C	98,25	9,33 a	0,33 b	0,89 b	682,38
DBI/UFLA	209,10	13,21 a	1,03 a	1,20 a	868,49 a
FAEPE	245,68	14,81 a	0,61 b	1,04 b	439,98 b
Média Geral	227,39	14,01	0,82	1,12	654,24

Médias seguidas pelas mesmas letras pertencem a um mesmo grupo, de acordo com o teste Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

A análise de variância conjunta para os dados obtidos na maturação encontra-se na Tabela 7. Houve efeito significativo de local sobre todos os parâmetros avaliados e o mesmo ocorreu para os tratamentos, exceto em relação ao PCG. Também houve significativo da interação tratamento x local, sobre G/V e G/VT.

Tabela 7 Análise de variância (Quadrados Médios) dos dados referentes, vagem/planta, grão/vagem, peso de cem grãos e rendimento de grãos de feijoeiro-comum inoculado ou não inoculado, submetido a diferentes adubações de nitrogênio, DBI/UFLA e FAEPE- MG, 2009

FV	GL	V/P	G/V	G/VT	PCG (g)	RG (kg ha ⁻¹)	ANG (kg ha ⁻¹)
Tratamento	6	29,19**	0,42*	0,01*	0,71	1281917,00**	495,98*
Local	1	43,93*	3,58**	0,15**	54,56**	5594420,03**	9046,21**
L*T	6	8,38	0,48*	0,02*	0,78	98591,54	273,45
Bloco (Local)	6	2,61	0,50*	0,02*	0,70	27680,95	161,05
Erro	36	6,05	0,16	0,007	1,27	100470,66	233,56
CV (%)	-	22,23	8,72	3,67	5,31	15,05	24,18

**Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de F; *Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de t.

A Tabela 8 representa os valores médios dos componentes primários de produção, rendimento de grãos e acúmulo de nitrogênio nos grãos. As variáveis PCG e G/V não mostram diferenças significativas entre tratamentos, mas houve diferenças significativas para locais, com maiores valores na FAEPE. Para RG, observa-se na Tabela 8 que os tratamentos TEST e INOC são estatisticamente inferiores aos demais, seguidos do tratamento 20P, que situou-se em um grupo intermediário. Verifica-se que a inoculação acompanhada da aplicação de 20 kg ha⁻¹ de N na semeadura (I + 20P) não diferiu estatisticamente da inoculação acrescida de 20 kg ha⁻¹ de N na semeadura e 60 kg ha⁻¹ de N em cobertura. Os maiores valores médios de RG também foram encontrados na FAEPE. Para a variável ANG os tratamentos que receberam adubação mineral mostraram-se

superiores a TEST e INOC, sendo a FAEPE o local de maior acúmulo de nitrogênio nos grãos.

Tabela 8 Valores médios dos dados referentes à vagem por planta (V/P), grãos por vagem (G/V), grãos por vagem transformados (G/VT), peso de 100 grãos (PCG), rendimento de grãos (RG) e acúmulo de nitrogênio nos grãos de feijoeiro-comum inoculado ou não inoculado submetido a diferentes adubações de nitrogênio, DBI/UFLA e FAEPE- MG, 2009

Tratamento	V/P	G/V	G/VT	PCG (g)	RG (Kg ha ⁻¹)	ANG (Kg ha ⁻¹)
TEST	9,06 b	4,37 a	2,31 a	20,75	1587,42 c	51,51b
INOC	10,00 b	4,60 a	2,36 a	21,13	1564,82 c	52,92 b
20P	9,23 b	4,46 a	2,33 a	21,22	1997,11 b	62,46 a
I + 20P	11,01 b	5,05 a	2,45 a	21,73	2220,60 a	68,30 a
I + 20P +20C	11,00 b	4,45 a	2,33 a	21,41	2487,50 a	69,64 a
I + 20P +40C	14,15 a	4,62 a	2,36 a	21,14	2463,50 a	69,14 a
I + 20P +60C	13,03 a	4,74 a	2,39 a	21,32	2424,27 a	68,35 a
DBI/UFLA	10,18 b	4,87 a	2,41 a	20,25 b	1790,39 b	50,48 b
FAEPE	11,95 a	4,36 b	2,31 b	22,23 a	2422,53 a	75,90 a
Média Geral	11,07	4,61	2,36	21,24	2106,46	63,19

Em cada coluna, médias seguidas pelas mesmas letras pertencem a um mesmo grupo, de acordo com o teste Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

O desdobramento dos efeitos dos tratamentos sobre G/V dentro de cada local (Tabela 9) mostra que não houve diferenças entre os tratamentos na FAEPE e que os tratamentos I + 20P e I + 20P + 60P foram estatisticamente superiores aos demais tratamentos.

Tabela 9 Valores médios referentes aos grãos por vagem (G/V) da interação obtida entre locais de cultivo e tratamentos, DBI/UFLA e FAEPE-MG, 2009

Tratamento	DBI/UFLA	DBI/UFLAT	FAEPE	FAEPET
TEST	4,64 b	2,37 b	4,10 a	2,25 a
INOC	4,59 b	2,36 b	4,61 a	2,36 a
20P	4,73 b	2,39 b	4,18 a	2,27 a
I + 20P	5,68 a	2,58 a	4,42 a	2,32 a
I + 20P + 20C	4,35 b	2,30 b	4,56 a	2,35 a
I + 20P + 40C	4,92 b	2,43 b	4,32 a	2,30 a
I + 20P + 60C	5,16 a	2,48 a	4,33 a	2,30 a

Em cada coluna, médias seguidas pelas mesmas letras pertencem a um mesmo grupo, de acordo com o teste Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

3.2 Safra inverno/primavera 2010. DAG/UFLA

O quadro de análise de variância encontra-se na Tabela 10. Verificou-se que para MSPA não houve significância de tratamentos, mas o mesmo não ocorreu para as demais variáveis.

Tabela 10 Análise de variância (Quadrados Médios) dos dados referentes à matéria seca da parte aérea (MSPA), número de nódulos (NN), número de nódulos transformados (NNT), massa seca de nódulos (MSN), massa seca de nódulos transformados (MSNT) e acúmulo de nitrogênio da parte aérea (ANPA), de feijoeiro-comum inoculado ou não inoculado, submetido a diferentes adubações de nitrogênio, DAG/UFLA, Lavras – MG, 2010

FV	G L	MSPA (g)	NN	NNT	MSN (g)	MSNT	ANPA (mg/planta)
Tratamento	6	60,76	87369,87*	60,56*	0,30*	0,071**	1012,16**
Bloco	2	381,67**	5231,57	2,99	0,02	0,004	2432,12**
Erro	12	36,06	11849,01	9,25	0,067	0,01	205,45
CV	-	26,17	33,00	17,35	55,97	12,25	24,41

**Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de F; *Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de t.

Para a variável NN observa-se na Tabela 11 que o tratamento INOC apresentou o maior valor, seguido do tratamento I + 20P e, finalmente, pelos demais tratamentos, inferiores a esses. Após a transformação dos dados de MSN, os dois tratamentos citados situaram-se estatisticamente em um único grupo e foram superiores aos demais, mostrando efeito inibitório parcial de doses de nitrogênio igual ou maior a 40 kg ha⁻¹.

Tabela 11 Valores médios referentes à MSPA (g), NN, MSN (g), MSNT e ANPA (mg/planta) de feijoeiro-comum inoculado ou não inoculado, submetido a diferentes adubações de nitrogênio, DAG/UFLA, Lavras – MG, 2010

Tratamento	MSPA (g)	NN	NNT	MSN (g)	MSNT	ANPA (mg/planta)
TEST	15,02	274,66 c	16,47 b	0,19 b	0,83 b	37,39 b
INOC	23,22	649,00 a	25,48 a	0,66 a	1,06 a	48,45 b
20P	21,60	360,00 c	18,49 b	0,84 a	1,14 a	49,19 b
I + 20P	28,00	432,33 b	20,56 a	0,87 a	1,16 a	49,50 b
I + 20P +20C	25,74	176,00 c	13,09 b	0,20 b	0,84 b	70,61 a
I + 20P +40C	20,14	157,00 c	12,54 b	0,17 b	0,82 b	63,62 a
I + 20P +60C	26,90	260,00 c	16,07 b	0,30 b	0,89 b	92,23 a
Média Geral	22,95	329,85	17,53	0,46	0,96	58,71

Médias seguidas pelas mesmas letras pertencem a um mesmo grupo, de acordo com o teste Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Quando se analisa o ANPA, os maiores valores foram observados para os tratamentos os **I + 20P +40C** e **I + 20P +60C**, sendo estes estatisticamente superiores aos demais.

O quadro de análise de variância para os componentes primários de produção, rendimento de grãos e acúmulo de nitrogênio nos grãos é apresentado na Tabela 12, mostrando que houve efeito significativo de tratamentos sobre G/V e RG.

Tabela 12 Análise de variância (Quadrados Médios) dos dados referentes a vagens por planta (V/P), vagens por planta transformado (V/PT), grãos por vagem (G/V), grãos por vagem transformado (G/VT), peso de 100 grãos (PCG), rendimento de grãos (RG) e acúmulo de nitrogênio nos grãos (ANG), de feijoeiro-comum inoculado ou não inoculado, submetido a diferentes adubações de nitrogênio, DAG/UFLA, Lavras – MG, 2010

FV	GL	V/P	G/V	PCG	RG (kg ha ⁻¹)	ANG (kg ha ⁻¹)
Tratamento	6	3,17	1,48*	6,01	859350,93**	619,60
Bloco		12,55*	0,67	15,05*	300378,21*	186,33
Erro	12	2,96	0,41	2,55	62896,76	116,47
CV (%)	-	31,46	14,52	6,14	19,30	36,83

**Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de F; *Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de t.

Como pode ser observado na Tabela 13, os maiores valores de G/V foram encontrados nos tratamentos INOC, 20P, I + 20P + 40C e I + 20P + 60C que não diferiram entre si, mas foram superiores aos demais. No caso do RG observa-se que os tratamentos inoculados que receberam adubação nitrogenada de plantio e ou cobertura não diferiram entre si e suas médias e foram superiores aos tratamentos TEST, INOC e 20P; entre estes, TEST e INOC foram estatisticamente semelhantes, mas inferiores ao tratamento 20P.

Tabela 13 Valores médios dos dados referentes à vagem/planta (V/P), grãos/vagem (G/V) e rendimento de grãos (RG) e acúmulo de nitrogênio nos grãos (ANG) de feijoeiro-comum inoculado ou não inoculado, submetido a diferentes adubações de nitrogênio, DAG/UFLA, Lavras – MG, 2010

Tratamento	V/P	G/V	PCG (g)	RG (Kg/ha ⁻¹)	ANG (kg ha ⁻¹)
TEST	3,66	4,89 a	26,13	618,25 c	12,70
INOC	5,96	3,20 b	25,40	603,78 c	8,57
20P	5,23	5,07 a	27,96	1066,32 b	33,48
I + 20P	5,00	3,99 b	25,16	1543,21 a	37,45
I + 20P +20C	5,63	4,17 b	27,80	1655,73 a	33,60
I + 20P +40C	5,80	4,65 a	24,03	1697,27 a	29,09
I + 20P +60C	7,0	5,15 a	25,93	1909,15 a	50,13
Média Geral	5,47	4,44	26,06	1299,10	29,30

Em cada coluna, médias seguidas pelas mesmas letras pertencem a um mesmo grupo, de acordo com o teste Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

3.3 Safra inverno/primavera 2010. EPAMIG

No quadro de análise de variância dos resultados (Tabela 14), verifica-se que para MSPA, MSPAT, NN, NNT não houve significância de tratamentos, mas o mesmo não ocorre para as demais variáveis.

Tabela 14 Análise de variância (Quadrados Médios) dos dados referentes à matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca da parte aérea transformada (MSPAT), número de nódulos (NN), número de nódulos transformados (NNT), massa seca de nódulos (MSN) e acúmulo de nitrogênio da parte aérea (ANPA), de feijoeiro-comum inoculado ou não inoculado, submetido a diferentes adubações de nitrogênio, EPAMIG, Patos de Minas-MG, 2010

FV	GL	MSPA (g)	MSPAT	NN	NNT	MSN (g)	ANPA
Tratamento	6	43,96	0,48	13129,42	19,19	0,05**	1538,77**
Bloco	2	48,20	0,55	1992,33	2,08	0,02	431,04
Erro	12	23,03	0,25	7780,16	12,28	0,009	189,70
CV	-	18,80	9,94	67,09	32,10	57,82	16,28

**Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de F; *Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de t.

Em relação à MSN (TABELA 15), foram encontrados valores superiores para o tratamento TEST e INOC, sendo estes maiores estatisticamente aos demais, mostrando o efeito inibitório parcial do MSN a partir da dose de 20 kg ha⁻¹ de nitrogênio. Para ANPA os tratamentos 20P, I + 20P, I + 20P +40C e I + 20P +60C foram superiores aos demais tratamentos.

Tabela 15 Valores médios referentes à MSPA, NN, NNT, MSN e ANPA de feijoeiro-comum inoculado ou não inoculado, submetido a diferentes adubações de nitrogênio, EPAMIG, Patos de Minas-MG, 2010

Tratamento	MSPA (g)	MSPAT	NN	NNT	MSN (g)	ANPA (mg/planta)
TEST	21,10	4,57	260,00	15,24	0,35 a	61,26 b
INOC	20,89	4,59	122,00	10,94	0,36 a	59,57 b
20P	26,71	5,21	87,00	9,15	0,20 b	101,29 a
I + 20P	29,25	5,45	103,33	10,17	0,12 b	91,20 a
I + 20P +20C	22,81	4,80	52,00	7,16	0,02 b	62,72 b
I + 20P +40C	29,29	5,44	151,00	12,07	0,07 b	107,81 a
I + 20P +60C	28,69	5,40	145,00	11,00	0,06 b	108,39 a
Média Geral	25,53	5,06	131,47	10,92	0,17	84,61

Médias seguidas pelas mesmas letras pertencem a um mesmo grupo, de acordo com o teste Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

O quadro de análise de variância para os componentes primários de produção, rendimento de grãos e acúmulo de nitrogênio nos grãos é apresentado na Tabela 16, mostrando que para V/P, RG e ANG houve efeito significativo de tratamentos.

Tabela 16 Resumo da análise de variância (Quadrados Médios) dos dados referentes à vagem por planta (V/P), grão/vagem (G/V), peso de cem grãos (PCG), rendimento de grãos (RG) e acúmulo de nitrogênio nos grãos (ANG) de feijoeiro-comum inoculado ou não inoculado, submetido a diferentes adubações de nitrogênio, EPAMIG, Patos de Minas-MG, 2010

FV	GL	V/P	G/V	PCG (g)	RG (Kg/ha⁻¹)	ANG (kg ha⁻¹)
Tratamento	6	6,00*	0,15	3,97	472414,54**	836,06**
Bloco	2	2,63	0,75	0,17	89092,92	13,84
Erro	12	1,41	0,33	2,95	36124,80	113,38
CV (%)	-	15,98	14,00	6,14	15,46	27,04

**Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de F; *Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de t.

Tabela 17 Valores médios dos dados referentes à vagem/planta (V/P), grão/vagem (G/V) e rendimento de grãos (RG) de feijoeiro-comum inoculado ou não inoculado, submetido a diferentes adubações de nitrogênio, EPAMIG, Patos de Minas, 2010

Tratamento	V/P	G/V	PCG (g)	RG (Kg ha⁻¹)	ANG (Kg ha⁻¹)
TEST	5,36 b	4,16	28,90	658,45 b	17,39 b
INOC	6,46 b	4,10	26,43	873,16 b	27,00 b
20P	7,33 b	4,33	26,90	926,63 b	22,26 b
I + 20P	9,03 a	4,36	27,83	1567,98 a	44,74 a
I + 20P +20C	7,33 b	3,91	27,76	1449,90 a	53,99 a
I + 20P +40C	7,13 b	3,73	28,53	1490,54 a	56,39 a
I + 20P +60C	9,46 a	4,26	29,76	1640,28 a	53,90 a
Média Geral	7,44	4,12	28,01	1229,56	39,38

Médias seguidas pelas mesmas letras pertencem a um mesmo grupo, de acordo com o teste Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Os valores de V/P (TABELA 17) demonstraram que os tratamentos I + 20P e I + 20P + 60P são superiores estatisticamente aos demais tratamentos. As variáveis RG e ANG apresentaram o mesmo agrupamento de médias, mostrando que os tratamentos que receberam inoculação e adubações com nitrogênio forma semelhantes estatisticamente e superiores aos demais tratamentos.

4 ESTUDO ECONÔMICO

4.1 Safra inverno/primavera 2009. DBI/UFLA

Pela curva de regressão (Figura 2), a dose de nitrogênio é 51,18 kg ha⁻¹, para uma produção máxima de 2228,58 kg ha⁻¹ de feijão. Esse valor encontra-se acima dos dados plotados para TEST e INOC, mostrando que a ausência destes resultados na curva não interfere na interpretação dos resultados. Esses valores encontram-se entre os tratamentos I + 20P + 20C e I + 20P + 40C.

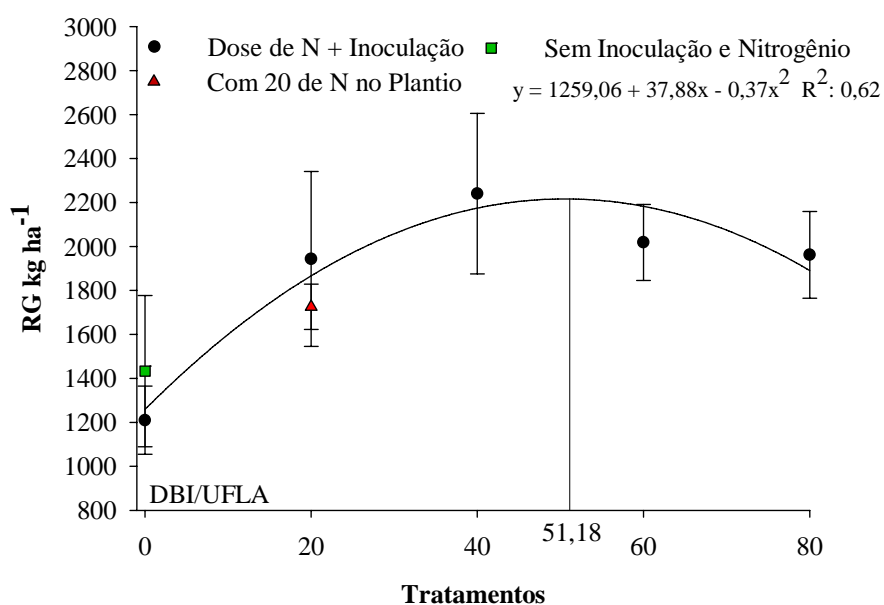


Figura 2 Representação gráfica e equação de regressão do rendimento de grãos (kg ha⁻¹) do feijoeiro em função dos níveis de adubação dos tratamentos inoculados com pontos adicionais dos tratamentos sem inoculação e sem nitrogênio e 20 de N no plantio, DBI/UFLA, Lavras-MG, 2009

A Tabela 18 demonstra que a maior RBT, RLT e DRLt é para o tratamento I + 20P + 20C, sendo este tratamento com uma dose menor que a calculada pela equação de regressão (51,18 kg ha⁻¹). Observa-se também na Tabela 18 que somente a partir do tratamento 20P é encontrado retorno econômico em relação às produções.

Tabela 18 Rendimentos de grãos (RG), custo total efetivo (CTET), receita bruta do tratamento do tratamento (RBT), receita líquida do tratamento (RLT) e Receita Líquida em relação à testemunha (DRLt), DBI/UFLA, Lavras-MG, 2009

Tratamentos	RG (kg ha ⁻¹)	CTET (R\$)	RBT (R\$)	RLT (R\$)	DRLt (R\$)
TEST	1.433,17	60,00	2.565,38	2.505,38	0,00
INOC	1.209,76	65,00	2.165,47	2.100,47	-404,91
20P	1.725,65	99,96	3.088,91	2.988,95	483,57
I + 20P	1.943,48	104,96	3.478,83	3.373,87	868,49
I + 20P + 20C	2.240,21	204,92	4.009,98	3.805,06	1.299,68
I + 20P + 40C	2.018,42	304,88	3.612,98	3.308,10	802,72
I + 20P + 60C	1.962,06	404,84	3.512,09	3.107,25	601,87

4.2 Safra inverno/primavera 2009. FAEPE

A curva de regressão para os experimentos instalados encontram-se na Figura 3. A dose de nitrogênio é 67,63 kg ha⁻¹, para uma produção máxima de 2946,65 kg ha⁻¹ de feijão. Esse valor encontra acima dos dados plotados para TEST e INOC, mostrando que sua ausência na curva não interferiu na interpretação dos resultados. Esses valores encontram-se entre os tratamentos I + 20P + 40C e I + 20P + 60C. Entretanto, os maiores valores para RBT, RLT e DRLt são para o tratamento I + 20+ 40C, inferior em 7 kg de N ha⁻¹ (Tabela 19).

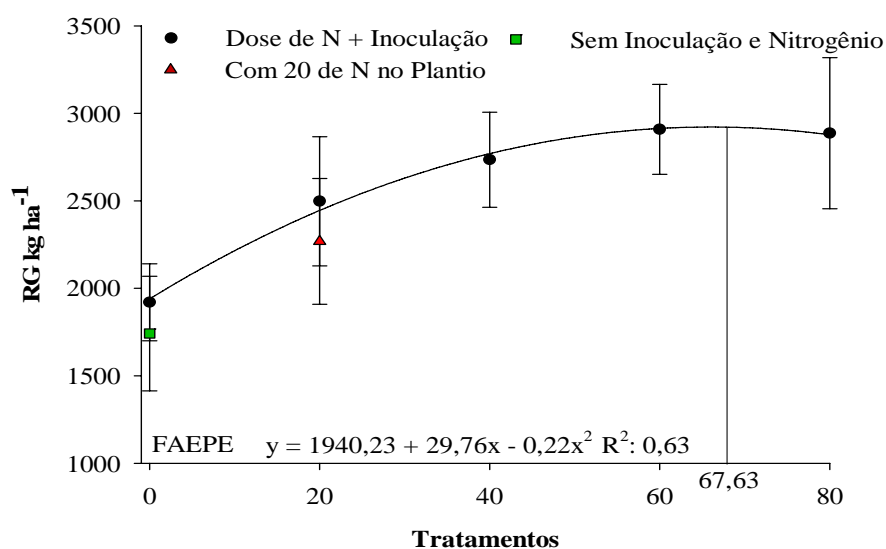


Figura 3 Representação gráfica e equação de regressão do rendimento de grãos (kg ha⁻¹) do feijoeiro em função dos níveis de adubação dos tratamentos inoculados com pontos adicionais dos tratamentos sem inoculação e sem nitrogênio e 20 de N no plantio, FAEPE, Ijaci-MG, 2009

Tabela 19 Valores referentes a rendimentos de grãos (RG), custo total efetivo do tratamento (CTET), receita bruta do tratamento (RBT), receita líquida do tratamento (RLT) e Receita Líquida em relação à testemunha (DRLt), FAEPE, Ijaci-MG, 2009

Tratamentos	RG (kg ha ⁻¹)	CTET (R\$)	RBT (R\$)	RLT (R\$)	DRLt (R\$)
TEST	1.741,67	60,00	3.117,58	3.057,58	0,00
INOC	1.919,89	65,00	3.436,60	3.371,60	314,02
20P	2.268,59	99,96	4.060,78	3.960,82	903,24
I + 20P	2.497,74	104,96	4.470,95	4.365,99	1.308,41
I + 20P + 20C	2.734,80	204,92	4.895,28	4.690,36	1.632,78
I + 20P + 40C	2.908,59	304,88	5.206,37	4.901,49	1.843,91
I + 20P + 60C	2.886,48	404,84	5.166,80	4.761,96	1.704,38

4.3 Safra inverno/primavera 2010. DAG/UFLA

A curva de regressão para os experimentos instalados na DAG/UFLA encontram-se na figura 4. A dose de nitrogênio é $66,03 \text{ kg ha}^{-1}$, para uma produção máxima de $1886,65 \text{ kg ha}^{-1}$ de feijão. Esse valor encontra acima dos dados plotados para TEST e INOC, mostrando que sua ausência na curva não interferiu na interpretação dos resultados. Esses valores encontram-se entre os tratamentos I + 20P + 40C e I + 20P + 60C. Entretanto, a RBT, RLT e DRLt é maior para o tratamento I + 20+ 60C (Tabela 20).

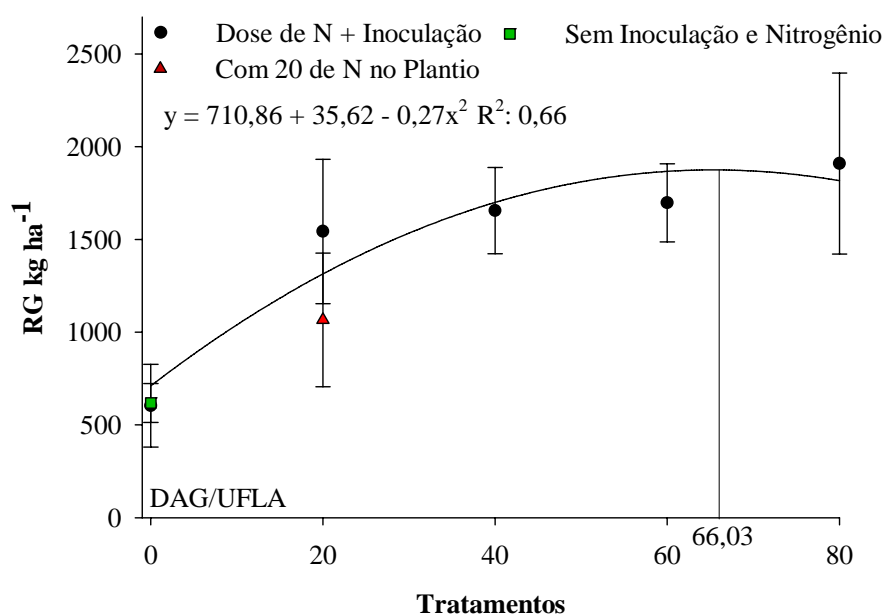


Figura 4 Representação gráfica e equação de regressão do rendimento de grãos (kg ha^{-1}) do feijoeiro em função dos níveis de adubação dos tratamentos inoculados com pontos adicionais dos tratamentos sem inoculação e sem nitrogênio e 20 de N no plantio, DAG/UFLA, Lavras-MG, 2010

Tabela 20 Valores referentes a rendimentos de grãos (RG), custo total efetivo do tratamento (CTE), receita bruta do tratamento (RBT), receita líquida do tratamento (RLT) e Receita Líquida em relação à testemunha (DRLt), DAG/UFLA-Lavras-MG, 2010

Tratamentos	RG (kg ha⁻¹)	CTET (R\$)	RBT (R\$)	RLT (R\$)	DRLt (R\$)
TEST	618,25	60,00	830,00	770,00	0,00
INOC	603,78	65,00	810,58	745,58	-24,42
20P	1.066,32	99,96	1.431,54	1.331,58	561,58
I + 20P	1.543,21	104,96	2.071,77	1.966,81	1.196,81
I + 20P + 20C	1.655,73	204,92	2.222,83	2.017,91	1.247,91
I + 20P + 40C	1.697,27	304,88	2.278,59	1.973,71	1.203,71
I + 20P + 60C	1.909,15	404,84	2.563,04	2.158,20	1.388,20

4.4 Safra inverno/primavera 2010. EPAMIG

A curva de regressão para os experimentos instalados na EPAMIG encontram-se na figura 5. A dose de nitrogênio é 64,34 kg ha⁻¹, para uma produção máxima de 1642,32 kg ha⁻¹ de feijão. Esse valor encontra acima dos dados plotados para TEST e INOC, mostrando que sua ausência na curva não interferiu na interpretação dos resultados. Esses valores encontram-se entre os tratamentos I + 20P + 40C e I + 20P + 60C. Entretanto, os maiores valores de RBT, RLT e DRLt é para o tratamento I + 20 (Tabela 21).

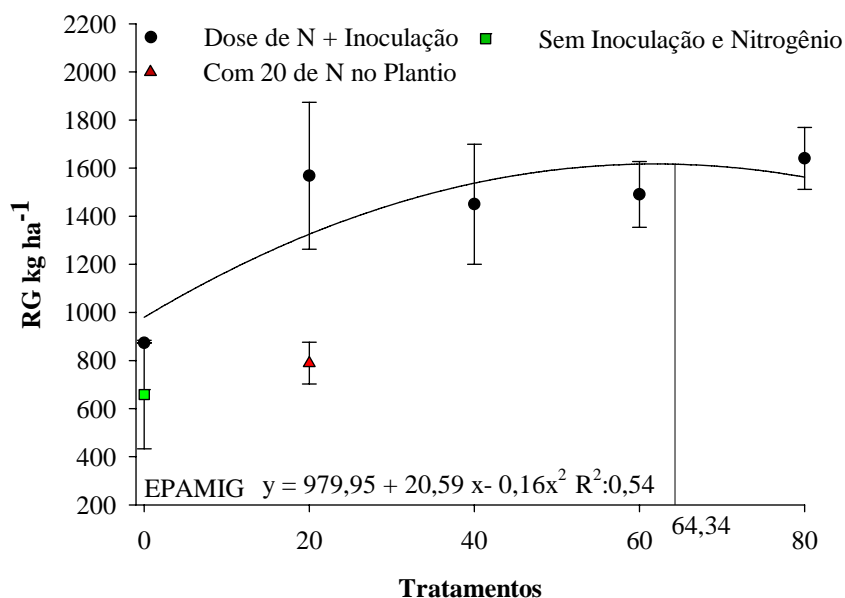


Figura 5 Representação gráfica e equação de regressão do rendimento de grãos (kg ha⁻¹) do feijoeiro em função dos níveis de adubação dos tratamentos inoculados com pontos adicionais dos tratamentos sem inoculação e sem nitrogênio e 20 de N no plantio, EPAMIG, Patos de Minas-MG, 2010

Tabela 21 Valores referentes a rendimentos de grãos (RG), custo total efetivo do tratamento (CTET), Receita Bruta do Tratamento (RBT), Receita Líquida do Tratamento (RLT) e Receita Líquida em relação à testemunha (DRLt), EPAMIG, Patos de Minas-MG, 2010

Tratamentos	RG (kg ha ⁻¹)	CTET (R\$)	RBT (R\$)	RLT (R\$)	DRLt (R\$)
TEST	658,45	60,00	883,98	823,98	0,00
INOC	873,16	65,00	1.172,23	1.107,23	283,25
20P	926,63	99,96	1.059,56	959,60	135,63
I + 20P	1567,98	104,96	2.105,02	2.000,06	1.176,08
I + 20P + 20C	1449,90	204,92	1.946,49	1.741,57	917,59
I + 20P + 40C	1490,54	304,88	2.001,06	1.696,18	872,20
I + 20P + 60C	1640,28	404,84	2.202,08	1.797,24	973,26

5 DISCUSSÃO

Para a variável MSPA observa-se que só houve efeito significativo de tratamentos nos experimentos conduzidos no DBI/UFLA e FAEPE (Tabelas 4, 10 e 14). O tratamento INOC foi inferior aos demais, demonstrando que na ausência de fontes de nitrogênio há menor desenvolvimento das plantas, com dedução de quase 50% em relação aos tratamentos que receberam fontes de nitrogênio. Trabalhos relacionados à inoculação com bactérias e adubação mineral do feijoeiro apresentam resultados bastante variados em relação a este parâmetro. Bassan et al. (2001), em trabalho com a cultivar Pérola, e Soares et al. (2006), com a cultivar Talismã, verificaram que os tratamentos com inoculação foram superiores quando comparados ao tratamento sem inoculação e sem nitrogênio mineral. Entretanto, Farinelli et al. (2006), Pelegrin et al. (2009) e Soratto et al. (2006), não encontraram diferenças para esta variável. O efeito local de cultivo foi significativo, e o experimento conduzido no DBI/UFLA apresentou maiores valores médios para MSPA. Desdobrando o efeito de tratamento dentro de cada local, a MSPA da FAEPE não diferiu entre os tratamentos. No DBI/UFLA, assim como na análise conjunta, o tratamento INOC foi inferior aos demais.

Segundo Moreira e Siqueira (2006), o excesso de N-mineral no solo reduz a nodulação de plantas pela falta de estímulos relacionados à deficiência nutricional. No presente trabalho, verifica-se que o NN não foi afetado, não havendo diferenças entre os tratamentos, assim como entre os locais, DBI/UFLA e FAEPE (Tabela 5). Em DAG/UFLA não foi observado o mesmo comportamento, sendo os tratamentos INOC e I + 20P superiores aos demais, mostrando que a inoculação foi eficiente em formar nódulos, e que a dose de nitrogênio de plantio melhorou as condições para crescimento radicular, aumentando os pontos de infecção radicular.

O efeito do nitrogênio mineral aplicado nos experimentos fica mais evidenciando quando se analisa a MSN, que mostra de forma clara a diminuição nesta variável à medida que se aumenta o N em cobertura. Conforme demonstrado para nos experimentos da DBI/UFLA e FAEPE, os tratamentos que receberam adubações de cobertura foram estatisticamente inferiores aos demais, sendo seu efeito mais observado em FAEPE. Comportamento semelhante foi encontrado nos outros dois locais, sendo que no DAG/UFLA o tratamento TEST não difere dos tratamentos com adição de N em cobertura e inferiores aos tratamentos INOC, 20P e I + 20P. Já na EPAMIG, todos os tratamentos que receberam adubação mineral apresentaram os menores valores.

Os locais influenciaram o ANPA em DBI/UFLA e FAEPE, sendo DBI/UFLA o que apresentou maior valor para esta variável. A provável explicação pode estar relacionada ao maior teor de matéria orgânica encontrada neste local, disponibilizando N para as plantas. Nos experimentos conduzidos em DAG/UFLA e EPAMIG houve efeito significativo entre os tratamentos: em DAG/UFLA os tratamentos I + 20P + 20C, 40C ou 60C apresentaram os maiores valores, o mesmo ocorrendo para EPAMIG, onde os demais tratamentos que receberam nitrogênio mineral apresentaram-se superiores, com exceção para o tratamento I + 20P + 20C; a explicação para este resultado inesperado pode ser evidenciado pelo menor valor de MSPA em relação aos demais que receberam N, uma vez que esta variável é resultado da multiplicação da MSPA pelo teor de N na MSPA. Respostas à inoculação, assim como para adubação nitrogenada em campo evidenciam que com o aumento da adubação os teor foliares aumentam. Arf et al. (1999), encontraram maior valor de N acumulado no feijoeiro em dose de 45 kg ha⁻¹ quando comparado à testemunha sem adição de nitrogênio. Nos experimentos conduzidos em DBI/UFLA e FAEPE, as variáveis influenciadas na floração foram maiores em DBI/UFLA, exceto NSNT, que não apresentou diferença e quando se analisa as variáveis afetadas pelos locais na maturação, as

maiores médias são observadas em FAEPE. A possível explicação seria o maior teor de M.O, que possivelmente forneceu maiores quantidades de N no estágio vegetativo, fazendo que a planta vegetasse mais, o que nem sempre é favorável.

Os tratamentos I + 20P + 40C e 60C apresentaram os maiores valores para V/P, sendo a FAEPE o local que apresentou o maior valor para esta variável, assim como para PCG (Tabela 8). Não foram encontradas diferenças entre os tratamentos para G/VT, mas o DBI/UFLA foi o de maior valor (Tabela 7). Em DAG/UFLA (Tabela 13), os tratamentos TEST, 20P, I + 20P + 40C e 60C não diferiram estatisticamente e foram superiores aos demais; na EPAMIG a variável V/P (Tabela 17) mostrou que os tratamentos I + 20P e I + 20P + 60C foram superiores aos demais. Segundo Araújo et al. (2007) essas características são de alta herdabilidade genética, podendo, em algumas situações, não ocorrer diferenças. Entretanto, uma melhor condição nutricional pode aumentar estes valores. Andrade et al. (2001) afirmaram que a adubação mineral em cobertura refletiu em uma maior número de vagens por planta, mostrando que o nitrogênio em semeadura mais cobertura, assim como inoculação mais nitrogênio em cobertura apresentaram maiores valores para V/P, quando comparados a ao tratamento só inoculação e testemunha.

Para RG, em todos os locais os tratamentos foram significativos, assim como para ANG, exceto em DAG/UFLA. Segundo Oliveira e Thung (1988), as melhores épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura encontram-se aos 25 e 30 dias após a emergência, favorecendo assim o plantio do DAG/UFLA e EPAMIG. Os níveis tecnológicos empregados foram diferentes, influenciando positivamente a safra de 2009, cujos experimentos foram os que apresentaram os maiores valores. Tais valores são reflexos do nível tecnológico empregado: em 2009, no nível tecnológico empregado foi o 4 (NT4) e de 2010 o nível tecnológico 3 (NT3).

De maneira geral, todos os tratamentos que receberam inoculação mais nitrogênio mineral situaram-se no grupo superior, evidenciando, portanto, uma economia de até 60 kg ha^{-1} de N na forma de ureia.

No experimento da safra 2009, o tratamento I + 20P produziu 2220 kg ha^{-1} de grãos, que não diferiu do tratamento I + 20P + 60C com 2424 kg ha^{-1} (Tabela 8). Em DAG/UFLA estes mesmos rendimentos de 1543 e 1909 e em EPAMIG foram 1567 e 1640 kg ha^{-1} , respectivamente, para os mesmo tratamentos. Tais resultados demonstram o efeito benéfico da adubação de plantio em pequenas doses para melhor desenvolvimento radicular e posterior processo de infecção e estabelecimento da simbiose. Brito, Muraoka e Silva (2001) encontraram efeito benéfico quando aplicaram pequenas doses de N no plantio no feijoeiro, observando maiores valores para o nitrogênio nas plantas na dose com a dose de 15 mg kg^{-1} de solo. Franco e Döbereiner (1968) e Tsai et al. (1993), dizem que pequenas doses no início do crescimento radicular aumentam os sítios de infecção e, conseqüentemente, maior formação de nódulos. Esse benefício ficou evidenciado no presente trabalho, uma vez que os tratamentos que receberam adubação de cobertura apresentaram os menores valores de MSN, exceto em EPAMIG no tratamento I + 20P, que também ficou inferior. A variável MSN é a que melhor se correlaciona com o rendimento de grãos, já que nódulos maiores são mais eficientes em fixar nitrogênio em simbiose com o feijoeiro.

Em relação ao ANG, os tratamentos diferiram em DBI/UFLA, FAEPE e EPAMIG. Nesses locais, os tratamentos inoculados foram superiores aos demais, sendo que na safra de 2009 o tratamento 20P também foi superior à TEST e INOC com maior acúmulo em FAEPE. Os resultados de ANG mostram que, novamente, a inoculação conjunta com 20kg de N foi benéfica às plantas. Brito, Muraoka e Silva (2011), mostraram que o fornecimento de nitrogênio para

a planta é maior por meio FBN, sendo este superior ao N orgânico e ao N-mineral.

Quando se analisa os experimentos do ponto de vista econômico, nem sempre as maiores produtividades representam a maior RLT. Em todos os locais, as curvas de regressão indicam uma adubação acima do encontrado, como de maior eficiência em utilizar a inoculação conjunta com o nitrogênio. Deve-se ressaltar que a melhoria na eficiência de inoculação com a adubação de plantio representou, do ponto de vista estatístico, valores semelhantes aos tratamentos que receberam adubação de cobertura. Entretanto, após análise econômica dos dados, verifica-se que somente em EPAMIG o tratamento I + 20P apresentou a RLT. Em DBI/UFLA e DAG/UFLA, o tratamento I + 20P + 20C e na FAEPE o tratamento I + 20P + 40C foram os de RLT. Entretanto, as doses de N para o máximo econômico sempre foram inferiores à dose de melhor produção. Resultado semelhante é encontrado por Pelegrini et al. (2009), onde a receita líquida do tratamento inoculado com 20 kg ha⁻¹ não diferiu do tratamento que recebeu 160 kg ha⁻¹. Vale ressaltar que esses resultados representam não somente uma economia em fertilizantes, mas representam também uma contribuição ecológica, devido aos problemas relacionados a utilização de fertilizantes nitrogenados.

6 CONCLUSÕES

A cultivar Majestoso inoculada com a estirpe CIAT 89,9 junto com a aplicação de 20 kg de N na semeadura, fonte ureia, tem rendimento de grãos que não difere dos tratamentos que recebem até 60 kg ha⁻¹ de N na forma de ureia.

O sistema plantio direto no nível tecnológico 4, proporciona maior rendimento em relação ao convencional em nível tecnológico 3.

A inoculação conjunta com as menores doses de nitrogênio pode contribuir para obter maior lucratividade nas lavouras de feijoeiro, tanto sob plantio direto como no para plantio convencional.

As doses relativas à máxima eficiência física e máxima eficiência econômica não são as mesmas.

REFERÊNCIAS

- ABREU, A. F. B. et al. BRSMG Majestoso: another common bean cultivar of carioca grain type for the state of Minas Gerais. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 7, p. 403-405, 2007.
- ANDRADE, M. J. B. et al. Influência do nitrogênio, rizóbio e molibdênio sobre o crescimento, nodulação radicular e teores de nutrientes no feijoeiro. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 45, n. 257, p. 65-79, 1998.
- ANDRADE, M. J. B. et al. Resposta do feijoeiro às adubações nitrogenada e molíbdica e à inoculação com *Rhizobium tropici*. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 4, p. 934-940, 2001.
- ARAÚJO, F. F. et al. Fixação biológica de nitrogênio 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. Efeito da rotação de culturas, adubação verde e sobre o rendimento do feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 11, p. 2029-2036, nov. 1999.
- BASSAN, D. A. Z. et al. Inoculação de sementes e aplicação de nitrogênio e molibdênio na cultura do feijão de inverno: produção e qualidade fisiológica de sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 23, n. 1, p. 76-83, 2001.
- BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/feijao>>. Acesso em: 15 nov. 2010.
- BRITO, M. M. P.; MURAOKA, T.; SILVA, E. Contribuição da fixação biológica de nitrogênio, fertilizante nitrogenado e nitrogênio do solo no desenvolvimento de feijão e caupi. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 1, p. 206-215, 2011.

CHAGAS, J. M. et al. Feijão. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: CFSEMG, 1999. p. 306-307.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, 1999. 412 p.

FARINELLI, R. et al. Adubação nitrogenada de cobertura no feijoeiro, em plantio direto e convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, p. 307-312, 2006.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do SISVAR para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Programas e Resumos...**São Carlos: UFSCar, 2000. p. 235.

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.

FRANCO, A. A.; DÖBEREINER, J. Interferência do cálcio e nitrogênio na fixação simbiótica do N por duas variedades de *Phaseolus vulgaris* L. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 3, p. 223-227, 1968.

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

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

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=2010&id_pagina=1>. Acesso em: 15 nov. 2011.

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.

MINAS GERAIS (MG). **Divisão do Estado em Mesorregiões**. 1999. Disponível em: < <http://www.brasilchannel.com.br/municipios/index.asp?nome=Minas+Gerais> >. Acesso em: 20 nov. 2011.

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

OLIVEIRA, I. P.; THUNG, M. D. T. Nutrição mineral. In: ZIMMERMANN, M. J. O.; ROCHA, M. ; YAMADA, T. **Cultura do feijoeiro** – fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: POTAFOS, 1988. p.175-212.

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

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 15. ed. Piracicaba: Fealq, 2009. 451 p.

RAPOSEIRAS, R. et al. Rhizobium strains competitiveness on bean nodulation in Cerrado soils. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 3, p. 439-447, 2006.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2010.

REIS, R. P. **Fundamentos de economia aplicada**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2002. 95 p.

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

SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, Washington, v. 30, n. 3, p. 507-512, Sept. 1974.

SOARES, A. L. L. et al. Eficiência agronômica de rizóbios selecionados e diversidade de populações nativas nodulíferas em Perdões (MG). II- Feijoeiro. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Campinas, v. 30, n. 5, Viçosa, MG, set./out. 2006.

SORATTO, R. P. et al. Aplicação tardia de nitrogênio no feijoeiro em sistema de plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 64, p. 211-218, 2006.

TSAI, S. M. et al. Minimizing the effect of mineral nitrogen on biological nitrogen fixation in common bean by increasing nutrient levels. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 152, p. 131-138, 1993.

VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. **Meteorologia básica e aplicações**. Viçosa, MG: UFV, 1991. 449 p.

CAPÍTULO 3 Eficiência agrônômica de novas estirpes de bactérias para feijoeiro-comum no Estado de Minas Gerais e a resposta econômica a inoculação

RESUMO

O Brasil destaca-se no cenário mundial por ser o maior produtor e consumidor de feijão. O feijão-comum (*Phaseolus vulgaris*) é rico em carboidratos e proteínas, considerado de grande importância para pequenos agricultores que o cultivam como cultura de subsistência. Capaz de associar-se a bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico, o feijoeiro-comum pode se beneficiar da substituição total e ou parcial da adubação mineral nitrogenada. O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência simbiótica de quatro estirpes de bactérias fixadora de nitrogênio (UFLA 02-100, UFLA 02-127, UFLA 02-68 e UFLA 04-195), de diferentes sistemas de uso terra, comparadas a estirpe aprovada como inoculante pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (CIAT 899) e a dois controles; 1- com adubação mineral de 80 kg de N-ureia ha⁻¹, e 2- sem adubação mineral, ambos os tratamentos sem inoculação, além de fazer uma avaliação econômica de todos os resultados encontrados. Verificou-se neste trabalho que pequenos e médios agricultores que utilizam de baixo nível tecnológico de produção podem beneficiar-se da tecnologia de inoculação das sementes e que UFLA 02-100 e UFLA 02-127 foram as que apresentaram maiores retornos econômicos.

Palavras-chave: *Rhizobium*. Avaliação econômica. Nível tecnológico.

ABSTRACT

Brazil stands in the world scenario to be the largest producer and consumer of beans. The common bean (*Phaseolus vulgaris*) is rich in carbohydrates and proteins, considered of great importance for small farmers who grow it as a subsistence crop. Able to associate with the nitrogen-fixing bacteria, the common bean can benefit from partial or total replacement of mineral nitrogen fertilization. The objective of this study was to evaluate the symbiotic effectiveness of four strains of nitrogen-fixing bacteria (UFLA 02-100, UFLA 02-127, UFLA 02-68 and UFLA 04-195) of different land use systems, compared the strain approved as inoculant by the Ministry of Agriculture, Livestock and Supply (CIAT 899) and two controls; 1 - with mineral fertilization of 80 kg N-urea ha⁻¹ and 2 - without mineral fertilization, both treatments without inoculation, in addition to make an economic evaluation of all economic results. It was found in this study that small and medium farmers who using low technological level of production may benefit from the technology of seed inoculation and UFLA 02-100 and UFLA 02-127 were which showed the greatest economic returns.

Keywords: *Rhizobium*. Economic Evaluation. Technology level.

1 INTRODUÇÃO

O feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é de grande importância nacional apresentando-se como principal fonte de proteínas para o consumo humano e também é fonte de carboidratos. Apesar de seu grande destaque, sua produtividade média é baixa, em torno de 900 kg ha⁻¹, relacionada ao sistema de plantio, feito principalmente por pequenos agricultores, de baixo nível tecnológico e em solos de baixa fertilidade natural. No entanto, o Brasil destaca-se no cenário mundial como o maior produtor e maior consumidor dessa leguminosa, com produção anual de 3,5 milhões de toneladas (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2010).

O nitrogênio é o elemento mais extraído e exportado pela cultura do feijoeiro, portanto, o suprimento adequado com esse elemento é um dos fatores limitantes para que altas produtividades possam ser alcançadas. Assim, pesquisas apontam resposta da cultura a adubações pesadas de nitrogênio. Farinelli et al. (2006) obtiveram respostas à adubação, alcançando 3000 kg ha⁻¹ com a doses de 120 kg de N ha⁻¹. Carvalho et al. (2003), com a dose 140 kg de N ha⁻¹ obtiveram 2279 kg ha⁻¹.

Outra forma de suprir a cultura com nitrogênio em leguminosas é através da fixação biológica de nitrogênio. O feijoeiro é capaz de associar-se com bactérias nodulíferas do gênero *Rhizobium*, estabelecendo a simbiose leguminosa-bactéria (FERREIRA et al., 2009; SOARES et al., 2006). Entretanto, para que a simbiose seja eficiente, fatores genéticos inerentes aos simbiontes estão intimamente relacionados, assim como a competição com populações nativas de rizóbios e fatores ligados ao ambiente, tais como acidez do solo e temperatura ambiente (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

Na literatura brasileira, são encontrados trabalhos que demonstram a resposta do feijoeiro à inoculação. Hungria et al. (2000) obtiveram rendimentos

de 1356 a 3520 kg ha⁻¹, em resposta à inoculação com novas estirpes de rizóbio, ganhos semelhantes ao obtido com a estirpe CIAT 899 e mesmo com a testemunha com nitrogênio mineral. Mostasso et al. (2001) obtiveram ganhos de várias produtividades de 1612 a 2600 kg ha⁻¹, com inoculação de varias estipes, sendo que seus efeitos também foram comparáveis aos da estirpe CIAT 899. Soares et al. (2006), em experimentos de campo em Perdões, MG, avaliando estirpes de bactérias isoladas em solos da Amazônia, obtiveram rendimentos de 909 kg ha⁻¹, semelhantes ao da testemunha com nitrogênio mineral sem inoculação (1042 kg ha⁻¹). Ferreira et al. (2009), também em experimento de campo, obtiveram produtividade de 1494 kg ha⁻¹, estatisticamente semelhante à testemunha com nitrogênio mineral (1751 kg ha⁻¹).

Este trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência simbiótica de quatro estirpes de bactérias de dois sistemas de uso da terra da Amazônia, comparadas às testemunhas sem nitrogênio e sem inoculação, testemunha com nitrogênio e sem inoculação e uma estipe aprovada como inoculante para cultura do feijoeiro pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA), em diferentes sistemas de produção, assim como fazer a avaliação econômica da inoculação, comparada ao uso de fertilizante nitrogenado (BRASIL, 2011).

2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos 10 experimentos em campo, em safras distintas (Tabela 1). Na safra da seca, que consistiu em semeaduras em janeiro e fevereiro de 2010, foram instalados quatro experimentos: a) Patos de Minas, na Estação experimental da EPAMIG, denominado nos resultados de EPAMIG1 (Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais) – Fazenda Sertãozinho, na região do Alto Paranaíba, b) IFET-BambuÍ (Instituto Federal de Ciência e Tecnologia de Minas Gerais), c) Presidente Olegário, na Fazenda São Joãozinho, pequena propriedade, d) Lavras, Universidade Federal de Lavras, Fazenda Muquem (FIGURA 1).

Os dois primeiros tiveram irrigação complementar (irrigação por aspersão convencional) quando no período de cultivo apresentava-se sob escassez de água e foram instalados em nível tecnológico de produção NT4. Os dois últimos não receberam irrigação complementar e foram instalados em nível tecnológico de produção NT2. Na Figura 1 encontra-se a representação esquemática de cada local no plantio da seca.

Na safra das águas, outros quatro experimentos foram instalados em novembro/dezembro. Dois experimentos foram instalados em propriedades particulares (um em Guarda Mor, Fazenda Mãe Rainha, área de grande agricultor, com nível tecnológico NT4 e outro em Presidente Olegário, Fazenda São Joãozinho, pequena propriedade, em nível tecnológico NT3. Os outros dois experimentos foram conduzidos em Luminárias (Fazenda Campo do Meio, área de pequeno produtor e Lavras (Universidade Federal de Lavras, Fazenda Experimental Muquem), implantados em nível tecnológico NT2 (FIGURA 2).

Tabela 1 Locais, data, coordenadas geográficas, cultura antecessora, preparo do solo, adubação, nível tecnológico e sistema de irrigação utilizados nos experimentos de cada localidade no Estado de Minas Gerais

Localidade	Data/ Safra	Coordenadas Geográficas	Cultura Antecessora	Preparo do Solo	Adubação	Nível Tecnológico*	Sistema de Irrigação
Presidente Olegário Produtor Rural	Jan/2010 Safra da Seca	20°46' S, 43°11' W e 591 m	Braquiária	Sistema Convencional	80 kg de P ₂ O ₅ ha ⁻¹ 20 kg de K ₂ O ha ⁻¹	NT2	Não
Lavras UFLA	Fev/2010 Safra da Seca	21°14' S, 45°00' W e 920 m	Milho	Aração Trator	80 kg de P ₂ O ₅ ha ⁻¹ 20 kg de K ₂ O ha ⁻¹	NT2	Não
Patos de Minas EPAMIG1	Fev/2010 Safra da Seca	18°34' S, 46°31' W e 833 m	Várias culturas	Sistema Convencional	70 kg de P ₂ O ₅ ha ⁻¹ 20kg de K ₂ O ha ⁻¹	NT4	Sim
BambuÍ IFET	Fev/2010 Safra da Seca	20°00' S, 45°58' W e 706 m	Horta desativada	Sistema Convencional	70 kg de P ₂ O ₅ ha ⁻¹ 20kg de K ₂ O ha ⁻¹	NT4	Sim
Presidente Olegário Produtor Rural	Dez/2010 Safra das Águas	20°46' S, 43°11' W e 591 m	Milho	Sistema Convencional	70 kg de P ₂ O ₅ ha ⁻¹ 20 kg de K ₂ O ha ⁻¹	NT 3	Não
Luminárias Produtor Rural	Dez/2010 Safra das Águas	21°30' S, 44°54' W e 957 m	Campo Limpo 1° cultivo	Sistema Convencional	70 kg de P ₂ O ₅ ha ⁻¹ 20 kg de K ₂ O ha ⁻¹	NT 2	Não
Lavras UFLA	Dez/2010 Safra das Águas	21°14' S, 45°00' W e 920 m	Milho	Sistema Convencional	70 kg de P ₂ O ₅ ha ⁻¹ 20 kg de K ₂ O ha ⁻¹	NT 2	Não
Guarda Mor Produtor Rural	Jan/2011 Safra das Águas	17° S, 47°05' W e 616 m	Milho	Plantio Direto	105 kg de P ₂ O ₅ ha ⁻¹ 35 kg de K ₂ O	NT 4	Não
Patos de Minas EPAMIG2	Abril/2010 Safra de inverno	18°34' S, 46° 31' W e 833 m	Várias culturas	Sistema Convencional	70 kg de P ₂ O ₅ ha ⁻¹ 40 kg de K ₂ O ha ⁻¹	NT 4	Sim
Pitangui EPAMIG	Abril/2010 Safra de inverno	19°40' S, 44°53' W e 709 m	Várias culturas	Sistema Convencional	70 kg de P ₂ O ₅ ha ⁻¹ 40 kg de K ₂ O ha ⁻¹	NT 4	Sim

*NT1 (Calagem, adubação, sementes catadas, 220.000 a 240.000 plantas/há, capinas até 30 dias após a emergência (DAE)). NT2 = (calagem, adubação, sementes fiscalizadas, 220.000 a 240.000 plantas/há, controle fitossanitário, tratamento de sementes) NT3 = (NT2, herbicidas, irrigação). NT4 = (NT3, apenas com maiores doses de adubos)

Na safra de inverno, outros dois experimentos foram instalados, em abril/2010 e conduzidos sob irrigação. Esses experimentos foram instalados em áreas da EPAMIG, em Patos de Minas, denominado EPAMIG 2 e Pitangui (FIGURA 3).

As características químicas do solo de cada local, na camada de 0-20 cm, encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2 Resultados da análise química de amostras de material dos solos utilizados (camada 0 a 20 cm)¹

Característica	EPAMIG 1 ⁽⁶⁾	Bambuú (6)	EPAMIG 2 ⁽⁶⁾	Pitangui (6)	Lavras (7)	G. Mor (7)	P. Olegário (7)	Lavras (8)	Luminárias (8)	P. Olegário (8)
pH	5,5 Bo	6,0 Bo	6,0Bo	6,0Bo	5,7Bo	6,2A	6,5A	6,0Bo	4,8Ba	4,8Ba
P⁽¹⁾	56,4	260,0MB	35,7	14,9	5,2	2,0	1,8	3,1	1,2	1,7
K⁽¹⁾	83,0B	374,0Mb	75,0B	181Mb	81,0Bo	34,0Ba	253,0Mb	51,0M	62,0M	41,0M
Ca⁽²⁾	1,8Mb	10,4MBo	1,8M	1,7M	2,9Bo	3,4Bo	4,7MBo	1,9M	0,2MBa	0,8Ba
Mg⁽²⁾	0,8M	1,1Bo	0,8M	0,7M	1,3Bo	3,3MBo	1,2Bo	0,5M	0,2Ba	0,4Ba
Al⁽²⁾	0,1MBa	0,1MBa	0,1MBa	0,1MBa	0MBo	0,0MBo	0MBo	0MBo	0,7M	0,8M
H + Al⁽²⁾	0,3MBa	2,9M	5M	2,3Ba	3,6M	2,9M	2,3Ba	2,1Ba	6,3Bo	13,7MBo
SB⁽²⁾	2,7M	12,5MBo	2,8M	2,9M	4,4Bo	6,8MBO	6,5MBo	2,5M	0,6MBa	2,1M
T⁽²⁾	9,0Bo	15,4MBo	7,8Bo	5,2M	8,0Bo	9,7Bo	8,9Bo	4,6M	6,9BO	15,0BO
t⁽²⁾	2,8M	12,6MBo	2,9M	3,0M	4,4M	6,8Bo	6,5Bo	2,5M	1,3Ba	2,1Ba
m⁽³⁾	3,6MBa	0,8MBa	3,5MBa	3,4MBa	0,0MBo	0,0MBo	0,0MBo	0,0MBo	55,6Bo	38M
V⁽³⁾	74,6Bo	81,1MBo	35,6Ba	55,3M	55,1M	70,1Bo	73,8Bo	55,0M	8,2MBa	8,7MBa
M.O⁽⁴⁾	3,6M	0,8MBa	4,4Bo	2,2M	2,6M	5,1Bo	3,6M	2,9M	4,0M	4,6Bo
Zn⁽⁵⁾	3,9A	15,1A	6,9A	4,1A	0,8	0,8Ba	2,8A	1,5	0,3MBa	1M
Fe⁽⁵⁾	21,1M	28,3M	32,7Bo	80,9A	71,9	45,0A	74,8A	75,2	36,9Bo	1,0MBa
Mn⁽⁵⁾	137,9A	144,8A	96,3A	31,5A	7,1	5,2M	11,8Bo	12,0	3,2Ba	1
Cu⁽⁵⁾	13,4A	5,8A	10,9A	1,2M	0,8	0,8M	1,4Bo	1,4	1,7Bo	1
B⁽⁵⁾	0,1MBa	0,3Ba	0,3BAa	0,1MBa	0,2	0,2Ba	0,0MBo	0,1	0,2Ba	0,1MBa
S⁽⁵⁾	80,0	8,4	77,2	5,0	25,5	12,3	16,6	11,8	8,9	13,8

⁽¹⁾mg/dm³; ⁽²⁾cmol/dm³; ⁽³⁾%; ⁽⁴⁾dag kg⁻¹; ⁽⁵⁾mg/dm³. Abreviações: P. Minas (Patos de Minas), P. Olegário (Presidente Olegário), MBa(Muito baixo), Ba (Baixo), M (Médio), Bo (Bom), MBo (Muito Bom), A (Alto), Ma (Muito Alto). ⁽⁶⁾>1100 kg ha⁻¹; ⁽⁷⁾900-1100 kg ha⁻¹; ⁽⁸⁾<600kg ha⁻¹.

Em todos os experimentos foi realizada capina manual sempre que necessário. Durante a condução dos experimentos, não houve ataque de pragas ou doenças, portanto, não foi utilizado nenhum tipo de controle fitossanitário.

O delineamento estatístico foi em blocos ao acaso (DBC) com quatro repetições e sete tratamentos, que consistiram da inoculação de cinco estirpes de bactérias e duas testemunhas. Os tratamentos foram: 1- Estirpe UFLA 02-100; 2- Estirpe UFLA 02-127; 3 - Estirpe UFLA 02-68; 4 - Estirpe UFLA 04-195; 5- Estirpe CIAT 899 (SEMIA 4077); 6-Testemunha com 80 kg ha⁻¹ de nitrogênio fonte ureia parcelada em duas vezes, (primeira aplicação na semeadura (40 kg ha⁻¹) e a segunda no 3° par de folhas trifolioladas (40 kg ha⁻¹) e sem inoculação (TEST C/N) e 7- Testemunha sem nitrogênio mineral na semeadura e sem inoculação (TEST S/N). A estirpe CIAT 899 (SEMIA 4077) de *Rhizobium tropici* (GRAHAM; HALLIDAY, 1976), é aprovada pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA), como inoculante para cultura do feijoeiro. As outras quatro estirpes utilizadas são provenientes de diferentes sistemas de uso da terra na região Amazônica (LIMA et al., 2009; PEREIRA et al., 1998) (Tabela 3).

A cultivar de feijoeiro utilizado foi a BRS MG Majestoso, de grãos tipo carioca graúdo (30,6 g por 100 grãos), hábito de crescimento do tipo II/III, ciclo de 87 dias e recomendada oficialmente para o Estado de Minas Gerais (ABREU et al., 2007).

Os inoculantes foram preparados no Laboratório de Microbiologia do Solo do Departamento de Ciência do Solo da UFLA, crescidos em meio 79 (FRED; WAKSMAN, 1928) esterilizado. Após 2 dias de crescimento, na fase log, o material foi transferido para *erlemmeyer* contendo turfa esterilizada em autoclave por 20 min. A mistura resultante (inoculante), na proporção 3:2 turfa:cultura, foi empregada na base de 100g por Kg de semente. A qualidade do inoculante foi monitorada por meio de contagem de unidades formadoras de

colônias (UFC), atendendo o número mínimo legal de células viáveis, em torno de 10^9 UFC de *Rhizobium* por grama de inoculante na semeadura.

Cada unidade experimental (12m^2) consistiu de 6 linhas de 4 metros de comprimento com espaçamento de 0,5m entre fileiras e densidade de 15 sementes por metro. As linhas 1 e 6 foram consideradas bordaduras, as linhas 2 e 3 foram utilizadas para amostragens na floração (estádio R6 do ciclo do feijoeiro) e as linhas 4 e 5 foram empregadas na colheita (estágio R9).

Quando 50% das plantas encontravam-se no estágio R6 (período em que se inicia com a abertura da primeira flor e termina com a queda da corola, expondo a primeira vagem em início de desenvolvimento), foram coletadas aleatoriamente 10 plantas para avaliação do número (NN) e massa seca de nódulos em gramas (MSN), massa seca da parte aérea em gramas (MSPA) e teor e acúmulo de nitrogênio na parte aérea, este último em miligramas por planta (ANPA). As 10 plantas foram coletadas por meio de poda da parte aérea rente ao solo e colocadas em sacos de papel kraft previamente identificados; as raízes foram coletadas com auxílio de uma pé reta e colocadas em sacos plásticos, também previamente identificados para armazenamento em câmara fria a 4°C e posterior contagem e pesagem. Foi contado o número de nódulos, destacando-os das raízes e seu peso foi calculado após secagem em estufa de circulação forçada a $60\text{-}70^\circ\text{C}$, por 48h dias, até atingir peso constante. Para secagem da parte aérea foi realizado uma pré-secagem em casa de vegetação e posterior secagem em estufa de circulação forçada a $60\text{-}70^\circ\text{C}$ por dois dias até atingir massa constante. Após moagem em moinho tipo Willey marca TECNAL, foi calculado o teor de N na parte aérea das plantas pelo método semimicrokjedhal (nitrogênio total), de acordo com Sarruge e Haag (1979). O cálculo do acúmulo de nitrogênio na parte aérea (ANPA) foi feito pela multiplicação da MSPA com o teor de nitrogênio, sendo seu resultado expresso em miligramas por planta.

A colheita ocorreu quando as plantas estavam no estágio R8 (inicia-se após a primeira vagem ter atingido seu comprimento máximo e corresponde ao período em que as sementes apresentam crescimento mais pronunciado, até atingir seu tamanho final). Foram determinados o rendimento de grãos em kg ha^{-1} (RG) e seus componentes primários: vagens por planta (V/P) e sementes por vagem (S/V) além do acúmulo de nitrogênio nos grãos em kg ha^{-1} (ANG). Para o cálculo do teor de nitrogênio dos grãos, primeiro os grãos foram moídos em moinho tipo Willey marca TECNAL; utilizou-se método semimicrokjedhal (nitrogênio total), de acordo com Sarruge e Haag (1979). O cálculo do acúmulo de nitrogênio nos grãos (ANG) foi feito por multiplicação do rendimento de grãos pelo teor de nitrogênio.

Tabela 3 Origem (Sistema de Uso da Terra – SUT; Município, Estado e País) e características culturais das estirpes de rizóbios usadas no ensaio e sua identificação pelo gene 16S Ribosomal

Identificação da estirpe	SUT/ Município/Estado/País	Característica cultural						Identificação
		ACI ⁽¹⁾	D ⁽²⁾	PG ⁽³⁾	pH ⁽⁴⁾	AI ⁽⁵⁾	COR ⁽⁶⁾	
UFLA 02-100	Capoeira, Theobroma, RO, BR	3	>2	Pouca	Neutra	Sim	Branca	<i>R. etli</i>
UFLA 02-127	Capoeira, Theobroma, RO, BR	3	>2	Média	Neutra	Sim	Branca	<i>R. leguminosarum</i> <i>bv phaseoli</i>
UFLA 02-68	Capoeira, Theobroma, RO, BR	3	>2	Alta	Neutra	Sim	Branca	<i>(R. etli bv mimosae)</i>
UFLA 04-195	Benjamin Constant, AM, BR	3	>2	Alta	Ácida	Não	Branca	<i>R. etli</i>
CIAT 899	Colômbia	3	>2	Alta	Não	Sim	Amarela	<i>R. tropici</i>

⁽¹⁾ Tempo em dias de crescimento de colônias isoladas. ⁽²⁾ Diâmetro da colônia (mm). ⁽³⁾ Produção de goma. ⁽⁴⁾ Alteração do pH meio de cultivo. ⁽⁵⁾ Absorção de indicador do meio de cultura indicada pela coloração amarela/azul no centro das colônias. ⁽⁶⁾ Coloração das colônias.

Para a determinação de vagens por planta, sementes por vagem e peso de cem grãos, foram amostradas 10 plantas das linhas 4 e 5. O peso de 100 grãos teve sua umidade corrigida para 13% e seu peso foi adicionado ao restante da colheita final, que também teve sua umidade corrigida para 13% e expresso em kg ha^{-1} . O teor de umidade inicial nos grãos foi determinado em medidor de umidade Gehaka G600.

Todos os dados obtidos foram submetidos a testes de normalidade e homocedasticidade de variâncias, utilizando-se o *software* R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2010) e, sempre que necessário, os dados foram transformados para $(x + 0,5)^{0,5}$. Após estes procedimentos, os dados foram submetidos à análise de variância individual e conjunta (PIMENTEL-GOMES, 2009), utilizando-se o *software* de análise estatística Sisvar[®] (FERREIRA, 2000). Nos casos de efeito significativo de tratamentos, a comparação das médias foi feita pelo teste de Scott-Knott (1974), no nível de 5% de probabilidade.

Nas análises conjuntas os experimentos foram agrupados em função do patamar de produtividade (RG) e dos valores do quadrado médio do erro (QMerro), conforme Tabela 4.

Nas figuras 4A a 21A estão representados os dados de temperatura e precipitação pluvial das localidades dos experimentos, exceto para Guarda Mor, Presidente Olegário, Luminárias e Pitangui, para as quais foram utilizados os dados das estações climatológicas mais próximas, respectivamente Paracatu, Patos de Minas, Lavras e Divinópolis.

Tabela 4 Agrupamentos dos experimentos para realização da análise conjunta

Local	Data/ Safra	RG (kg ha ⁻¹)	QM erro
1 ° agrupamento; Produtividades acima de 1100,00 kg ha⁻¹			
Patos de Minas EPAMIG 1	Jan/2010 Safra da Seca	1155,33	108988,05
BambuÍ	Fev/2010 Safra da Seca	1286,41	108335,367
Patos de Minas EPAMG 2	Abril/2011 Safra de inverno	2277,19	106967,37
Pitangui	Abril/2011 Safra de inverno	1355,16	48669,93
2 ° agrupamento; Produtividades entre 900 a 1100 kg ha⁻¹			
Guarda Mor	Jan/2011 Safra das Águas	1045,61	39580,26
Lavras	Dez/2010 Safra das Águas	985,86	78148,00
Presidente Olegário	Fev/2010 Safra da Seca	968,34	42492,84
3 ° agrupamento; Produtividades menores de 600 kg ha⁻¹			
Presidente Olegário	Dez/2010 Safra das Águas	326,67	16327,61
Luminárias	Dez/2010 Safra das Águas	558,32	19793,71
Lavras	Fev/2010 Safra da Seca	449,38	13085,62

3 EFICIÊNCIA ECONÔMICA

Os resultados experimentais foram submetidos a uma estimativa econômica com base nas produções e nos custos do fertilizante nitrogenado, inoculante e horas de trator (plantio e adubações de cobertura), considerando as demais despesas como comuns a todos os tratamentos e portanto não contabilizados (REIS, 2002). Esta apreciação baseou-se na estimativa dos seguintes parâmetros, 1- Custo Total Efetivo do Tratamento (CTET); somatório das despesas com fertilizante (80 kg ha^{-1} de N para o tratamento TEST C/N), inoculantes (para os tratamentos UFLA 02-100, UFLA 02-127, UFLA 02-68, UFLA 04-195 e CIAT 899) e horas trator (uma hora trator para todos os tratamentos e adicional de uma hora trator para o tratamento TEST C/N devido a aplicação de nitrogênio em cobertura). 2- Receita Bruta do Tratamento (RBT); é a multiplicação da produção pelo valor do quilo do feijão (para preço do feijão foi feita uma consulta do *site* AGROINK, onde a saca de feijão de 60kg era de 107,50 em Unai-MG). 3- Receita líquida do tratamento (RLT); representa a subtração da receita bruta do tratamento pelo custo total efetivo. 4- Diferença de Receita Líquida em relação à testemunha (DRLt); é a subtração da receita líquida de todos os tratamentos pela testemunha (TEST). O valor da hora trator foi realizado segundo pesquisa de mercado com tratoristas nas regiões, onde foram instalados os experimentos com média de R\$60,00. O preço do inoculante de mercado é R\$5,00 e a ureia R\$45,00 no saco de 50,00 kg.

4 RESULTADOS

4.1 Análise conjunta: produtividades acima de 1100 kg ha⁻¹

Pelo quadro de análise de variância conjunta (TABELA 5). Verifica-se que houve efeito significativo para tratamentos, para locais e para a interação tratamentos x locais.

Tabela 5 Resumo da análise de variância (Quadrados Médios) dos dados referentes à matéria seca da parte aérea (MSPA), número de nódulos (NN) e massa seca de nódulos (MSN) de feijoeiro-comum inoculado ou não inoculado, dos experimentos com produtividade acima de 1100 kg ha⁻¹

FV	GL	MSPA (g)	NN	MSN (g)	ANPA (mg/planta)
Tratamento	6	2712,29**	5366,16**	0,21**	4784318,83**
Local	3	27314,87**	61280,85**	1,69**	18805502,42**
T*L	18	454,99**	5472,45**	0,10**	2061742,17**
Bloco (Local)	12	238,51	2236,24	0,02	245936,03**
Erro	71	130,87	1141,02	0,02	307766,75
CV	-	20,84	28,52	39,96	45,49

**Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de F; *Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de F.

Pelo desdobramento dos efeitos dos tratamentos sobre à MSPA dentro de cada local (TABELA 6), observa-se que a TEST C/N foi estatisticamente superior aos demais tratamentos nos dois experimentos de Patos de Minas (sagras das águas e de inverno) e Pitangui; em Bambuí não houve diferença entre os tratamentos. No geral, a TEST C/N apresentou maior MSPA e, entre as localidades, maiores valores foram obtidos em Pitangui.

Tabela 6 Valores médios referentes à matéria seca da parte aérea (MSPA) dos tratamentos e os locais de cultivo, do feijoeiro-comum inoculado ou não inoculado, nos experimentos com produtividade acima de 1100 kg ha⁻¹

Tratamento	Locais				Médias
	BambuÍ	EPAMIG1	EPAMIG 2	Pitangui	
UFLA 02-100	31,03 a	22,30 b	66,75 b	74,37 b	48,61 b
UFLA 02-127	47,07 a	13,61 b	60,97 b	76,52 b	49,54 b
UFLA 02-68	36,16 a	15,04 b	71,50 b	84,95 b	51,91 b
UFLA 04-195	31,21 a	14,59 b	71,55 b	77,00 b	48,31 b
CIAT 899	34,51 a	13,47 b	65,12 b	71,62 b	46,46 b
TEST C/N	43,38 a	36,64 a	119,75 a	134,70 a	83,61 a
TEST S/N	40,38 a	15,39 b	83,65 b	73,52 b	55,76 b
Médias	37,68 C	18,84 D	77,04 B	84,67 A	54,88

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha pertencem a um mesmo grupo, de acordo com o teste Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Para a variável NN, a TEST C/N mostrou-se inferior aos demais tratamentos na média de todos os locais e localidades de Patos de Minas e Pitangui. O tratamento com a estirpe UFLA 04-195 apresentou o maior valor apenas em Bambuí; em Patos de Minas e Pitangui esta mesma estirpe foi inferior às demais ou situou-se entre a de menor nodulação (Tabela 7). Os experimentos de Patos de Minas apresentaram maior NN que os de Pitangui e Bambuí, respectivamente (Tabela 7).

Tabela 7 Valores médios referentes a número de nódulos (NN) em função dos tratamentos e locais de cultivo, do feijoeiro-comum inoculado ou não inoculado, nos experimentos com produtividade acima de 1100 kg ha⁻¹

Tratamento	Locais				Médias
	BambuÍ	EPAMIG1	EPAMIG 2	Pitangui	
UFLA 02-100	48,75 b	178,25 a	191,00 a	126,25 a	136,06 a
UFLA 02-127	55,00 b	105,50 b	192,00 a	120,25 a	118,18 a
UFLA 02-68	40,25 b	164,00 a	215,50 a	90,75 b	127,62 a
UFLA 04-195	145,50 a	116,25 b	107,00 b	80,75 b	112,37 a
CIAT 899	82,00 b	188,50 a	163,00 a	97,00 b	132,62 a
TEST C/N	25,00 b	73,00 b	165,50 a	62,00 b	81,37 b
TEST S/N	39,75 b	129,33 b	170,00 a	146,50 a	120,86 a
Médias	62,32 D	136,66 B	172,00 A	103,35 C	118,42

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha pertencem a um mesmo grupo, de acordo com o teste Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Na Tabela 8 estão representados os resultados de MSN. Em Bambuí não houve diferença entre os tratamentos, acompanhando os resultados encontrados para MSPA (Tabela 6). A TEST S/N foi sempre superior aos demais tratamentos; também destacaram as estirpes UFLA 02-100 em Patos de Minas (safras das águas e seca), UFLA 02-127 e UFLA 04-195 em Pitangui e UFLA 02-68 em Patos de Minas (safra da água). A TEST C/N, por outro lado, situou-se sempre entre os tratamentos de menor MSN, exceto em Bambuí, o ambiente que apresentou a menor MSN dentre os experimentos deste grupo (Tabela 8).

Tabela 8 Valores médios referentes à massa seca de nódulos (MSN) da interação obtida entre tratamento e os locais de cultivo, do feijoeiro-comum inoculado ou não inoculado, nos experimentos com produtividade acima de 1100 kg ha⁻¹

Tratamento	Locais				Médias
	BambuÍ	EPAMIG1	EPAMIG 2	Pitangui	
UFLA 02-100	0,06 a	0,67 a	0,77 a	0,600 b	0,52 a
UFLA 02-127	0,04 a	0,25 b	0,31 b	0,91 a	0,38 b
UFLA 02-68	0,07 a	0,41 b	0,76 a	0,61 b	0,46 a
UFLA 04-195	0,15 a	0,32 b	0,28 b	0,76 a	0,38 b
CIAT 899	0,07 a	0,36 b	0,49 b	0,65 b	0,39 b
TEST C/N	0,06 a	0,18 b	0,28 b	0,20 c	0,18c
TEST S/N	0,10 a	0,48 a	0,61 a	0,88 a	0,52 a
Médias	0,08 D	0,38 C	0,50 B	0,66 A	0,40

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha pertencem a um mesmo grupo, de acordo com o teste Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

A tabela 9 representa os resultados de ANPA. Observa-se que para os valores médios de todos os locais a TEST C/N foi superior as demais em fornecer nitrogênio. Os tratamentos inoculados com as estirpes UFLA 02-100, UFLA 04-195 e CIAT 899 situaram-se em grupo inferior a TEST C/N mais superior a TEST S/N em Pitangui. Na EPAMIG 2 os tratamentos UFLA 02-68, UFLA 04-195 e CIAT 899 apresentaram-se no mesmo grupo da TEST C/N e superiores a TEST S/N. Entre os locais de cultivo, Pitangui foi superior aos demais, acompanhados de EPAMIG 2, EPAMIG 1e Bambuí respectivamente.

Tabela 9 Valores médios referentes a acúmulo de nitrogênio na parte aérea (ANPA) da interação obtida entre tratamento e os locais de cultivo, do feijoeiro-comum inoculado ou não inoculado, nos experimentos com produtividade acima de 1100 kg ha⁻¹

Tratamento	Locais				Médias
	Bambuí	EPAMIG1	EPAMIG 2	Pitangui	
UFLA 02-100	1049,54a	528,54 a	450,47 b	1883,30 b	977,96 c
UFLA 02-127	823,38 a	356,42 a	543,20 b	1315,55 c	759,63 c
UFLA 02-68	979,30 a	319,79 a	1601,45 a	1471,75 c	1093,07 b
UFLA 04-195	855,71 a	235,48 a	1651,10 a	2417,22 b	1289,88 b
CIAT 899	652,50 a	320,34 a	1699,80 a	2292,90 b	1241,38 b
TEST C/N	878,38 a	713,48 a	2418,17 a	5479,97 a	2372,50 a
TEST S/N	973,18 a	195,05 a	712,40 b	1331,37 c	803,00 c
Médias	887,42 D	381,30 C	1296,65 B	2313,15 A	1219,63

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha pertencem a um mesmo grupo, de acordo com o teste Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Os resultados de análise de variância dos dados relativos aos componentes primários de produção e rendimentos de grãos encontram-se na (TABELA 10) mostra que o fator local teve efeito significativo sobre todas as variáveis enquanto tratamentos e a interação x local influenciaram apenas o rendimento de grãos (RG) e acúmulo de nitrogênio nos grãos (ANG).

Tabela 10 Resumo da análise de variância (Quadrados Médios) dos dados referentes à vagem por planta (V/P), grão/vagem (G/V) e rendimento de grãos (RG) do feijoeiro-comum inoculado ou não inoculado, nos experimentos com produtividade acima de 1100 kg ha⁻¹

FV	GL	V/P	G/V	RG (Kg ha ⁻¹)	ANG (Kg ha ⁻¹)
Tratamento	6	30,97	0,29	563563,96**	1232,26**
Local	3	335,58**	8,55**	7201406,09**	988,59**
L*T	18	14,37	0,31	255174,78**	489,62**
Bloco (Local)	12	27,23	0,23	334282,37**	201,09**
Erro	71	19,62	0,23	91354,06	114,85
CV (%)		34,55	10,05	19,81	33,52

**Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de F; *Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de F.

Para a variável V/P, Bambuí, EPAMIG 2 e Pitangui, foram os ambientes que apresentaram os maiores valores, que não diferiram entre si. Com relação a G/V, destacaram-se Patos de Minas seca e águas (Tabela 11).

Tabela 11 Valores médios dos dados referentes às vagens/plantas (V/P) e grãos/vagens (G/V) de feijoeiro-comum inoculado ou não inoculado, nos experimentos com produtividade acima de 1100 kg ha⁻¹

Tratamento	V/P	G/V
UFLA 02-100	11,80	4,94
UFLA 02-127	11,73	4,58
UFLA 02-68	12,68	4,75
UFLA 02-195	12,85	4,65
CIAT 899	12,41	4,77
TEST C/N	15,83	4,94
TEST S/N	12,41	4,77
Bambuí	12,90 a	4,74 b
EPAMIG	7,78 b	5,17 a
EPAMIG 2	15,17 a	5,17 a
Pitangui	15,25 a	4,00 c
Média Geral	12,82	4,77

Em cada coluna, médias seguidas pelas mesmas letras pertencem a um mesmo grupo, de acordo com o teste Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

No geral, o maior RG foi observado no tratamento TEST C/N, seguido pelas estirpes UFLA 02-100 e UFLA 02-127; as demais estirpes inferiores, agrupando-se juntamente com a TEST S/N. Em Bambuí e Pitangui não houve diferenças significativas entre os tratamentos. Em Patos de Minas, destacaram-se as estirpe UFLA 02-127 em EPAMIG 2 e UFLA 02-100 em EPAMIG 1. O maior rendimento de grãos foi obtido em EPAMIG 2 (Tabela 12).

Tabela 12 Valores médios referentes a rendimentos de grãos (RG) da interação obtida entre tratamento e os locais de cultivo, do feijoeiro-comum inoculado ou não inoculado, nos experimentos com produtividade acima de 1100 kg ha⁻¹

Tratamento	Locais				Médias
	BambuÍ	EPAMIG1	EPAMIG 2	Pitangui	
UFLA 02-100	1186,72 a	1612,37 a	2262,27 b	1521,44 a	1645,70 b
UFLA 02-127	1146,58 a	934,37 b	2724,42 a	1499,27 a	1576,16 b
UFLA 02-68	1195,68 a	1134,37 b	2168,22 b	1322,56 a	1455,21 c
UFLA 04-195	1488,06 a	668,75 b	2234,41 b	1414,52 a	1451,43 c
CIAT 899	1319,64 a	828,12 b	1996,39 b	1305,51 a	1362,41 c
TEST C/N	1557,40 a	1903,12 a	2547,68 a	1449,28 a	1864,37 a
TEST S/N	1110,79 a	1108,33 b	2006,93 b	973,540 a	1312,672 c
Médias	1286,41 B	1172,20 B	2277,19 A	1355,16 B	1525,90

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha pertencem a um mesmo grupo, de acordo com o teste Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Para ANG (TABELA 13), verifica-se que nos valores médios dos locais de cultivo a TEST C/N, foi superior aos demais tratamentos. Os tratamentos UFLA 02-100, UFLA 02-68, UFLA 04-195 e CIAT 899 obtiveram valores inferiores a TEST C/N, porém superiores a TEST S/N. Para os locais de cultivo Pitangui e EPAMIG 2 apresentaram os maiores valores, seguidos de Bambuí e EPAMIG 1 respectivamente. Para o desdobrando locais de cultivo a TEST C/N foi superior em todos os locais, seguidas da UFLA 02-100, UFLA 02-68 e UFLA 04-195 em Bambuí, UFLA 02-100, UFLA 02-68, CIAT 899 e UFLA 04-195 em EPAMIG 2 e UFLA 02-100 e EPAMIG 1.

Tabela 13 Valores médios referentes a acúmulo de nitrogênio nos grãos (ANG) da interação obtida entre tratamento e os locais de cultivo, do feijoeiro-comum inoculado ou não inoculado, nos experimentos com produtividade acima de 1100 kg ha⁻¹

Tratamento	Locais				Médias
	Bambuí	EPAMIG1	EPAMIG 2	Pitangui	
UFLA 02-100	38,58 a	38,53 a	15,86 a	38,53 b	32,88 b
UFLA 02-127	20,97 b	23,12 b	22,11 b	25,17 c	22,84 c
UFLA 02-68	32,19 a	23,49 b	48,23 a	23,75 c	31,91 b
UFLA 04-195	40,63 a	11,52 b	52,33 a	43,00 b	36,87 b
CIAT 899	21,79 b	19,32 b	51,85 a	41,96 b	33,73 b
TEST C/N	34,25 a	38,85 a	52,48 a	58,44 a	46,00 a
TEST S/N	25,96 b	14,16 b	17,00 b	21,14 c	19,56 c
Médias	30,62 B	24,14 C	37,12 A	36,00 A	31,97

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha pertencem a um mesmo grupo, de acordo com o teste Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Os resultados de eficiência econômica nos locais de alta produtividade (TABELA 14) mostram que o tratamento TEST C/N, foi o que apresentou a maior DRLt ganhos de R\$847,62 em relação a TEST S/N, A estirpe UFLA 02-100 foi a que apresentou entre os tratamentos inoculados a melhor produção e teve uma redução em ganhos de R\$256,50 em relação a TEST C/N para DRLt.

Tabela 14 Valores referentes a rendimentos de grãos (RG), custo total efetivo (CTET), receita bruta do tratamento (RBT), receita líquida do tratamento (RLT) e Receita Líquida em relação à testemunha (DRLt), nos experimentos com produtividade acima de 1100 kg ha⁻¹

Tratamentos	RG (kg ha ⁻¹)	CTET (R\$)	RBT (R\$)	RLT (R\$)	DRLt (R\$)
UFLA 02-100	1645,7	65,00	2.945,80	2.880,80	591,12
UFLA 02-127	1576,16	65,00	2.821,33	2.756,33	466,65
UFLA 02-68	1455,21	65,00	2.604,83	2.539,83	250,15
UFLA 04-195	1451,43	65,00	2.598,06	2.533,06	243,38
CIAT 899	1362,41	65,00	2.438,71	2.373,71	84,03
TEST C/N	1864,37	199,92	3.337,22	3.137,30	847,62
TEST S/N	1312,67	60,00	2.349,68	2.289,68	0,00

4.2 Análise conjunta: produtividades entre 900 a 1100 kg ha⁻¹

Análise de variância conjunta dos resultados obtidos nos experimentos com rendimentos entre 900 e 1100 kg ha⁻¹ por ocasião da floração (TABELA 15) mostra que o fator local teve efeito significativo sobre todas as variáveis analisadas, mas o mesmo não ocorreu para tratamentos, não significativos sobre MSPA e ANPA não foram significativos, a interação tratamento x local não foi significativa para ANPA.

Tabela 15 Resumo da análise de variância (Quadrados Médios) dos dados referentes à matéria seca da parte aérea (MSPA), número de nódulos (NN) e massa seca de nódulos (MSN) de feijoeiro-comum inoculado ou não inoculado, nos experimentos com rendimentos entre 900 a 1100 kg ha⁻¹

FV	GL	MSPA (g)	NN	MSN (g)	ANPA (mg/planta)
Tratamento	6	186,90	43146,40**	0,22**	2641,87
Local	2	11815,91**	806932,86**	3,67**	89659,27**
T*L	12	302,01*	36006,92**	0,11**	3352,88
Bloco (Local)	9	310,31*	21241,21**	0,09**	1678,72
Erro	54	146,22	5893,23	0,02	2376,21
CV	-	28,52	30,83	38,06	54,99

**Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de F; *Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de F.

Em Guarda Mor, as estirpes UFLA 02-100, UFLA 02-127 e UFLA 02-68 foram as que apresentaram os maiores valores de MSPA, e não diferiram da TEST C/N. Em Lavras e Presidente Olegário, não houve diferenças entre os tratamentos, sendo que Lavras foi o local que apresentou o maior valor de MSPA, juntamente com Guarda Mor (Tabela 16).

Tabela 16 Valores médios referentes à matéria seca da parte aérea (MSPA) da interação obtida entre tratamento e os locais de cultivo, do feijoeiro-comum inoculado ou não inoculado, nos experimentos com rendimentos entre 900 a 1100 kg ha⁻¹

Tratamento	Locais			Médias
	Guarda Mor	Lavras	Presidente Olegário	
UFLA 02-100	55,20 a	57,61 a	26,05 a	46,29
UFLA 02-127	71,58 a	47,93 a	18,77 a	46,10
UFLA 02-68	57,10 a	54,93 a	17,04 a	43,02
UFLA 04-195	42,51 b	68,23 a	18,36 a	43,03
CIAT 899	38,68 b	53,85 a	19,43 a	37,32
TEST C/N	61,64 a	53,83 a	17,73 a	44,40
TEST S/N	42,30 b	53,65 a	13,73 a	36,56
Médias	52,71 A	55,72 A	18,73 B	42,39

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha pertencem a um mesmo grupo, de acordo com o teste Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Para a variável NN, Guarda Mor foi o único local que apresentou diferenças entre os tratamentos: a estirpe CIAT 899 apresentou o menor valor, superando apenas a TEST C/N, o mesmo acontecendo na média dos três locais. Guarda Mor apresentou o maior valor de NN, seguidos de Lavras e Presidente Olegário (TABELA 17).

Tabela 17 Valores médios referentes a número de nódulos (NN) da interação obtida entre tratamento e os locais de cultivo, do feijoeiro-comum inoculado ou não inoculado, nos experimentos com rendimentos entre 900 a 1100 kg ha⁻¹

Tratamento	Locais			Médias
	Guarda Mor	Lavras	Presidente Olegário	
UFLA 02-100	485,00 a	295,00 a	81,25 a	287,08 a
UFLA 02-127	568,50 a	248,00 a	67,75 a	294,75 a
UFLA 02-68	514,50 a	327,25 a	64,50 a	302,08 a
UFLA 04-195	459,50 a	249,75 a	108,75 a	272,66 a
CIAT 899	289,75 b	301,00 a	51,00 a	213,91 b
TEST C/N	86,50 c	285,50 a	28,75 a	133,58 c
TEST S/N	411,25 a	242,50 a	63,25 a	239,00 a
Médias	402,14 A	278,42 B	66,46 C	249,01

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha pertencem a um mesmo grupo, de acordo com o teste Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Com relação à MSN (Tabela 18), em geral os valores médios de todos os tratamentos foram iguais, exceto a TEST C/N, inferior aos demais. Presidente Olegário e Lavras não apresentaram diferenças entre os tratamentos e apresentaram valores médios inferiores a Guarda Mor, onde as estirpes UFLA 02-127, UFLA 02-68 e UFLA 04-195 na diferiram e foram superiores aos demais tratamentos.

Tabela 18 Valores médios referentes à massa seca de nódulos (MSN) da interação obtida entre tratamento e os locais de cultivo, do feijoeiro-comum inoculado ou não inoculado, nos experimentos com rendimentos entre 900 a 1100 kg ha⁻¹

Tratamento	Locais			Médias
	Guarda Mor	Lavras	Presidente Olegário	
UFLA 02-100	0,81 b	0,45 a	0,17 a	0,48 a
UFLA 02-127	1,18 a	0,34 a	0,17 a	0,56 a
UFLA 02-68	0,98 a	0,48 a	0,10 a	0,52 a
UFLA 04-195	1,08 a	0,33 a	0,28 a	0,56 a
CIAT 899	0,68 b	0,42 a	0,08 a	0,39 a
TEST C/N	0,24 c	0,22 a	0,05 a	0,17 b
TEST S/N	0,90 b	0,30 a	0,06 a	0,42 a
Médias	0,84 A	0,36 B	0,13 C	0,44

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha pertencem a um mesmo grupo, de acordo com o teste Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

O ANPA diferiu apenas entre os locais de cultivo, sendo que Guarda Mor apresentou o maior valor, seguidos de Lavras e Presidente Olegário (Tabela 19).

Tabela 19 Valores médios dos dados referentes ao acúmulo de nitrogênio na parte aérea (ANPA) de feijoeiro-comum inoculado ou não inoculado, com rendimentos entre 900 a 1100 kg ha⁻¹

Tratamento	ANPA(mg/planta)
UFLA 02-100	81,22
UFLA 02-127	108,38
UFLA 02-68	104,08
UFLA 02-195	86,33
CIAT 899	81,56
TEST C/N	93,89
TEST S/N	65,09
Guarda Mor	144,09 a
Lavras	90,87 b
Presidente Olegário	30,99 c
Média Geral	88,65

Médias seguidas pelas mesmas letras pertencem a um mesmo grupo, de acordo com o teste Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Os resultados da análise de variância conjunta para os dados relativos aos componentes primários de produção, rendimentos de grãos e acúmulo de N nos grãos encontram-se na Tabela 20. Houve efeito significativo dos tratamentos sobre as variáveis V/P, RG e ANG, dos locais sobre todas as características, exceto RG e a interação tratamento x local foi significativa para V/P e RG.

Tabela 20 Resumo da análise de variância (Quadrados Médios) dos dados referentes à vagem por planta (V/P), grão/vagem (G/V), rendimento de grãos (RG) e acúmulo de nitrogênio nos grãos (ANG) do feijoeiro-comum inoculado ou não inoculado, nos experimentos com rendimentos entre 900 a 1100 kg ha⁻¹

FV	GL	V/P	G/V	RG (kg ha ⁻¹)	ANG (kg ha ⁻¹)
Tratamento	6	24,13**	0,59	269717,46**	369,09**
Local	2	2098,42**	2,92**	45955,63	984,34**
L*T	12	42,67**	0,46	95076,49*	85,87
Bloco (Local)	9	19,15*	0,45	78349,27	65,88
Erro	54	7,02	0,39	53407,03	76,63
CV (%)	-	21,77	19,98	23,11	37,29

**Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de F; *Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de F.

Os tratamentos inoculados UFLA 02-127, UFLA 02-68, CIAT 899, mais a TEST S/N foram os que apresentaram os maiores valores médios para V/P, refletindo o seu desempenho em Guarda Mor. Lavras e Presidente Olegário não houve diferenças significativas entre os tratamentos, onde o V/P planta foi menor (Tabela 21).

Tabela 21 Valores médios referentes à vagens/planta (V/P) da interação obtida entre tratamento e os locais de cultivo, do feijoeiro-comum inoculado ou não inoculado, nos experimentos com rendimentos entre 900 a 1100 kg ha⁻¹

Tratamento	Locais			Médias
	Guarda Mor	Lavras	Presidente Olegário	
UFLA 02-100	20,52 b	7,17 a	7,05 a	11,58 b
UFLA 02-127	25,25 a	7,37 a	6,80 a	13,14 a
UFLA 02-68	26,67 a	8,30 a	6,45 a	13,80 a
UFLA 04-195	17,30 b	8,07 a	7,50 a	10,95 b
CIAT 899	27,35 a	6,75 a	6,25 a	13,45 a
TEST C/N	13,80 c	7,62 a	8,40 a	9,94 b
TEST S/N	24,22 a	7,20 a	5,52 a	12,30 a
Médias	22,16 A	7,50 B	6,85 B	12,17

Em cada coluna, médias seguidas pelas mesmas letras pertencem a um mesmo grupo, de acordo com o teste Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Para a variável G/V, Guarda Mor e Presidente Olegário apresentaram os maiores valores. Em relação ao acúmulo de N nos grãos, a estirpe UFLA 02-100 e a TEST S/N foram inferiores quando comparadas aos demais tratamentos; para esta variável, Guarda Mor e Lavras, foram superiores a Presidente Olegário (Tabela 22).

Tabela 22 Valores médios dos dados referentes a grãos por vagem (G/V) e acúmulo de nitrogênio nos grãos (ANG) de feijoeiro-comum inoculado ou não inoculado, nos experimentos com rendimentos entre 900 a 1100 kg ha⁻¹

Tratamento	G/V	ANG (Kg ha⁻¹)
UFLA 02-100	2,88	14,213 b
UFLA 02-127	3,07	23,84 a
UFLA 02-68	3,38	29,41 a
UFLA 02-195	3,45	29,09 a
CIAT 899	3,07	24,36 a
TEST C/N	2,88	25,19 a
TEST S/N	3,15	18,17 b
Guarda Mor	3,36 a	28,02 a
Lavras	2,75 b	25,63 a
Presidente Olegário	3,26 a	16,76 b
Média Geral	3,12	23,47

Em cada coluna, médias seguidas pelas mesmas letras pertencem a um mesmo grupo, de acordo com o teste Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Na Tabela 23 estão representados os resultados de RG. Em valores médios, as estirpes UFLA 02-127, UFLA 02-68, UFLA 04-195 foram estatisticamente semelhantes à TEST C/N e superiores aos demais tratamentos, repetindo o comportamento observado em Lavras. Em Guarda Mor, estes mesmo tratamentos foram superiores com acréscimo da estirpe CIAT 899. Em Presidente Olegário não foram observados diferenças significativas entre os tratamentos. Os rendimentos médios pouco variaram (968 a 1045 kg ha⁻¹) nas três localidades, que não se diferiram entre si.

Tabela 23 Valores médios referentes ao rendimento de grão (RG) da interação obtida entre tratamento e os locais de cultivo, do feijoeiro-comum inoculado ou não inoculado, nos experimentos com rendimentos entre 900 a 1100 kg ha⁻¹

Tratamento	Locais			Médias
	Guarda Mor	Lavras	Presidente Olegário	
UFLA 02-100	723,40 b	626,64 b	1073,43 a	807,82 b
UFLA 02-127	1132,87 a	1214,49 a	916,64 a	1088,00 a
UFLA 02-68	1150,37 a	1320,17 a	1007,99 a	1159,51 a
UFLA 04-195	1179,31 a	1195,24 a	1029,64 a	1134,73 a
CIAT 899	1132,31 a	800,97 b	937,40 a	956,89 b
TEST C/N	1161,35 a	1033,30 a	974,62 a	1056,42 a
TEST S/N	839,65 b	710,21 b	838,66 a	796,17 b
Médias	1045,61	985,86	968,34	999,94

Em cada coluna, médias seguidas pelas mesmas letras pertencem a um mesmo grupo, de acordo com o teste Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Os resultados da viabilidade econômica são apresentados na Tabela 24. Como pode ser observado, a estirpe UFLA 02-68, apresentou o maior valor de DRLt quando comparada aos tratamentos TEST C/N e TEST S/N, esta estirpe teve um ganho adicional de receita em relação a TEST C/N de R\$319,45, a estirpe UFLA 04-195 apresentou resultado semelhante com diferença de DRLt em relação a UFLA 02-68 de R\$44,36.

Tabela 24 Valores referentes a rendimentos de grãos (RG), custo total efetivo (CTET), receita bruta do tratamento (RBT), receita líquida do tratamento (RLT) e Receita Líquida em relação à testemunha (DRLt), nos experimentos com rendimentos entre 900 a 1100 kg ha⁻¹

Tratamentos	RG (kg ha ⁻¹)	CTET (R\$)	RBT (R\$)	RLT (R\$)	DRLt (R\$)
UFLA 02-100	807,82	65,00	1.446,00	1.381,00	15,85
UFLA 02-127	1088,00	65,00	1.947,52	1.882,52	517,38
UFLA 02-68	1159,51	65,00	2.075,52	2.010,52	645,38
UFLA 04-195	1134,73	65,00	2.031,17	1.966,17	601,02
CIAT 899	956,89	65,00	1.712,83	1.647,83	282,69
TEST C/N	1056,42	199,92	1.890,99	1.691,07	325,93
TEST S/N	796,17	60,00	1.425,14	1.365,14	0,00

4.3 Análise conjunta: experimentos com rendimentos abaixo de 600 kg ha⁻¹

A análise de variância conjunta dos dados obtidos na floração para este grupo de experimentos encontra-se na Tabela 25. Para todas as variáveis analisadas observou-se efeito significativo de tratamentos x locais.

Tabela 25 Resumo da análise de variância (Quadrados Médios) dos dados referentes à matéria seca da parte aérea (MSPA), número de nódulos (NN) e massa seca de nódulos (MSN) e acúmulo de nitrogênio na parte aérea (ANG) de feijoeiro-comum inoculado ou não inoculado, nos experimentos com rendimentos abaixo de 600 kg ha⁻¹

FV	GL	MSPA (g)	NN	MSN (g)	ANG (mg/planta)
Tratamento	6	857,20**	34771,30**	0,17**	1604,58**
Local	2	9957,32**	20902,65*	0,32**	22800,60**
T*L	12	648,10**	29743,34**	0,13**	1245,99**
Bloco (Local)	9	496,38**	9797,75	0,02**	241,06**
Erro	54	132,90	7607,36	0,04	363,16
CV	-	28,25	66,14	64,38	51,94

**Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de F; *Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de F.

Com relação às médias da MSPA nos três locais, as estirpes UFLA 02-100, UFLA 02-127 e CIAT 899 não diferiram entre si e foram superiores aos demais tratamentos (Tabela 26), praticamente por influência do ambiente Luminárias, já que em Lavras e Presidente Olegário os tratamentos não diferiram. Em Luminárias, a estirpe UFLA 02-100 foi a que apresentou o maior valor e as estirpes UFLA 02-127 e CIAT 899 da TEST C/N, situando-se em grupo intermediário de MSPA. Luminárias apresentou o maior valor de MSPA em relação aos demais, seguidos de Presidente Olegário e Lavras, respectivamente.

Tabela 26 Valores médios referentes à matéria seca da parte aérea (MSPA) do feijoeiro-comum dos tratamentos e locais de cultivo, do feijoeiro-comum inoculado ou não inoculado, nos experimentos com rendimentos abaixo de 600 kg ha⁻¹

Tratamento	Locais			Médias
	Lavras	Luminárias	Presidente Olegário	
UFLA 02-100	25,91 a	96,24 a	42,04 a	54,73 a
UFLA 02-127	25,66 a	79,98 b	35,18 a	46,94 a
UFLA 02-68	21,23 a	39,30 c	36,76 a	32,43 b
UFLA 04-195	22,56 a	42,83 c	40,71 a	35,37 b
CIAT 899	27,45 a	66,11 b	39,11 a	44,22 a
TEST C/N	21,30 a	68,28 b	31,71 a	40,43 b
TEST S/N	24,22 a	35,86 c	34,59 a	31,55 b
Médias	24,04 C	61,23 A	37,16 B	40,81

Médias seguidas pelas mesmas letras pertencem a um mesmo grupo, de acordo com o teste Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

No geral, as estirpes UFLA 04-195 e CIAT 899 apresentaram os maiores valores médios de NN e superaram os demais tratamentos. Nos diferentes ambientes a estirpe CIAT 899 foi superior em Lavras e a UFLA 04-195 em Luminárias. Em Presidente Olegário houve diferenças significativas entre os tratamentos, mas este ambiente foi o que apresentou o maior valor médio de NN (Tabela 27).

Tabela 27 Valores médios referentes ao número de nódulos (NN) do feijoeiro-comum dos tratamentos e locais de cultivo, inoculado ou não inoculado, nos experimentos com rendimentos abaixo de 600 kg ha⁻¹

Tratamento	Locais			Médias
	Lavras	Luminárias	Presidente Olegário	
UFLA 02-100	152,50 b	133,25 b	124,00 a	136,58 b
UFLA 02-127	120,00 c	73,00 c	158,25 a	117,08 b
UFLA 02-68	47,50 c	42,50 c	154,25 a	81,41 b
UFLA 04-195	56,75 c	371,00 a	191,25 a	206,33 a
CIAT 899	283,50 a	111,25 c	196,75 a	197,16 a
TEST C/N	50,25 c	9,25 c	131,00 a	63,50 b
TEST S/N	165,00 b	20,00 c	178,25 a	121,08 b
Médias	125,07 B	108,60 B	161,96 A	131,88

Em cada coluna, médias seguidas pelas mesmas letras pertencem a um mesmo grupo, de acordo com o teste Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Para a variável MSN, a estirpe UFLA 02-68 e a TEST C/N, foram estatisticamente semelhantes e foram inferiores aos demais tratamentos. Comportamento semelhante foi observado quando em Luminárias, onde a TEST S/N situou-se no mesmo grupo que aqueles dois tratamentos. Em Lavras a estirpe CIAT 899 foi que apresentou maior valor de MSN seguida da UFLA 02-100 e TEST S/N. Em Presidente Olegário não foram observadas diferenças entre os tratamentos, mas este local, junto a Lavras, apresentaram os maiores valores médio (Tabela 28).

Tabela 28 Valores médios referentes à massa seca de nódulos (MSN) do feijoeiro-comum em função dos tratamentos e locais de cultivo, inoculado ou não inoculado, nos experimentos com rendimentos abaixo de 600 kg ha⁻¹

Tratamento	Locais			Médias
	Lavras	Luminárias	Presidente Olegário	
UFLA 02-100	0,56 b	0,26 a	0,26 a	0,36 a
UFLA 02-127	0,33 c	0,23 a	0,35 a	0,30 a
UFLA 02-68	0,19 c	0,04 b	0,43 a	0,22 b
UFLA 04-195	0,15 c	0,45 a	0,64 a	0,42 a
CIAT 899	0,83 a	0,26 a	0,39 a	0,49 a
TEST C/N	0,08 c	0,08 b	0,21 a	0,12 b
TEST S/N	0,46 b	0,04 b	0,43 a	0,31 a
Médias	0,37 A	0,19 B	0,39 A	0,32

Médias seguidas pelas mesmas letras pertencem a um mesmo grupo, de acordo com o teste Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Para a variável ANPA, as estirpes UFLA 02-68, UFLA 04-195 e CIAT 899 foram semelhantes em valores médios e superiores aos demais tratamentos, refletindo o comportamento observado em Presidente Olegário. Lavras e Luminárias não apresentaram diferenças entre os tratamentos e suas médias foram inferiores às de Presidente Olegário (Tabela 29).

Tabela 29 Valores médios referentes ao acúmulo de nitrogênio na parte aérea (ANPA) do feijoeiro-comum em função dos tratamentos e locais de cultivo, inoculado ou não inoculado, nos experimentos com rendimentos abaixo de 600 kg ha⁻¹

Tratamento	Locais			Médias
	Lavras	Luminárias	Presidente Olegário	
UFLA 02-100	36,32 a	5,752 a	26,25 c	22,77 b
UFLA 02-127	45,99 a	13,09 a	28,30 c	29,13 b
UFLA 02-68	43,32 a	3,08 a	81,47 a	42,62 a
UFLA 04-195	35,75 a	5,66 a	94,32 a	45,24 a
CIAT 899	53,84 a	8,91 a	102,14 a	54,96 a
TEST C/N	36,74 a	6,78 a	63,81 b	35,78 b
TEST S/N	27,12 a	3,56 a	48,15 c	26,28 b
Médias	39,87 B	6,69 C	63,49 A	36,68

Em cada coluna, médias seguidas pelas mesmas letras pertencem a um mesmo grupo, de acordo com o teste Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

A Tabela 30 representa os resultados de análise de variância conjunta para os componentes primários de produção, rendimento de grãos e acúmulo de nitrogênio nos grãos, o efeito de local de cultivo, apenas não foi significativo para ANG. Os tratamentos só não influenciaram a variável V/P. A interação tratamento x local foi significativa para RG e ANG.

Tabela 30 Resumo da análise de variância (Quadrados Médios) dos dados referentes à vagem por planta (V/P), grão/vagem (G/V), rendimento de grãos (RG) e acúmulo de nitrogênio nos grãos (ANG) do feijoeiro-comum inoculado ou não inoculado, nos experimentos com rendimentos abaixo de 600 kg ha⁻¹

FV	GL	V/P	G/V	RG (Kg ha ⁻¹)	ANG (Kg ha ⁻¹)
Tratamento	6	11,45	0,78*	98910,21**	47,42**
Local	2	1463,93**	76,08**	376055,27**	12,73
L*T	12	12,08	0,43	45577,47**	21,75**
Bloco (Local)	9	12,71	0,43	26509,62**	28,36**
Erro	54	11,13	0,34	16402,31	10,21
CV (%)	-	30,61	15,34	28,79	

**Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de F; *Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de F.

Para a variável G/V, as estirpes UFLA 02-100 e UFLA 04-195 não superaram os demais tratamentos. Lavras apresentou o maior valor médio para esta variável, seguida por Luminárias e Presidente Olegário respectivamente. Em relação a V/P, o maior valor médio encontrado foi em Presidente Olegário, seguido por Lavras e, posteriormente, Luminárias (Tabela 31).

Tabela 31 Valores médios dos dados referentes a vagens por planta (V/P) e grãos por vagem (G/V), de feijoeiro-comum em função de tratamentos e locais de cultivo, nos experimentos com rendimentos abaixo de 600 kg ha⁻¹

Tratamento	V/P	G/V
UFLA 02-100	11,6	4,07 a
UFLA 02-127	10,71	3,69 b
UFLA 02-68	10,48	3,70 b
UFLA 02-195	11,06	4,20 a
CIAT 899	11,34	3,81 b
TEST C/N	12,03	3,71 b
TEST S/N	9,02	3,44 b
Lavras	13,42 b	5,69 a
Luminárias	2,74 c	3,06 b
Presidente Olegário	16,52 a	2,65 c
Média Geral	10,89	3,80

Em cada coluna, médias seguidas pelas mesmas letras pertencem a um mesmo grupo, de acordo com o teste Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade

Os valores médios de RG encontram-se na Tabela 32. As estirpes UFLA 02-100, UFLA 02-127, UFLA 04-195 e CIAT 899, foram estatisticamente semelhantes juntamente à TEST C/N e superiores aos demais tratamentos, (UFLA 02-68 e TST S/N). Em Lavras não houve diferença entre os tratamentos. A estirpe UFLA 02-100 destacou-se em Luminárias. Em Presidente Olegário, destacaram-se as estirpes UFLA 02-100 e UFLA 04-195. Os maiores valores médios foram observados em Luminárias, seguidos por Lavras e Presidente Olegário.

Tabela 32 Valores médios referentes a rendimentos de grãos (RG) do feijoeiro-comum tratamentos e locais de cultivo, nos experimentos com rendimentos abaixo de 600 kg ha⁻¹

Tratamento	Locais			Médias
	Lavras	Luminárias	Presidente Olegário	
UFLA 02-100	419,21 a	839,06 a	456,78 a	571,68 a
UFLA 02-127	487,63 a	624,60 b	294,34 b	468,86 a
UFLA 02-68	398,46 a	393,72 c	313,71 b	368,63 b
UFLA 04-195	456,50 a	429,11 c	483,18 a	456,26 a
CIAT 899	560,42 a	633,03 b	330,41 b	507,95 a
TEST C/N	472,45 a	641,26 b	225,85 b	446,52 a
TEST S/N	351,02 a	347,44 c	182,44 b	293,63 b
Médias	449,38 B	558,32 A	326,67 C	444,79

Médias seguidas pelas mesmas letras pertencem a um mesmo grupo, de acordo com o teste Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade

Os valores de ANG são apresentados na Tabela 33. No geral, as estirpes UFLA 04-195 e CIAT 899 foram estatisticamente semelhantes e superaram aos demais tratamentos. Em Lavras não houve diferença entre os tratamentos, o mesmo não correndo para os outros locais. A estirpe UFLA 02-127 e CIAT 899 destacaram-se em Luminárias e as estirpes UFLA 02-100, UFLA 02-68, UFLA 04-195 e CIAT 899 destacaram-se em Presidente Olegário.

Tabela 33 Valores médios referentes ao acúmulo de nitrogênio nos grãos (ANG) do feijoeiro-comum, em função de tratamento e locais de cultivo, nos experimentos com rendimentos abaixo de 600 kg ha⁻¹

Tratamento	Locais			Médias
	Lavras	Luminárias	Presidente Olegário	
UFLA 02-100	6,20 a	5,05 b	6,95 a	6,06 b
UFLA 02-127	8,56 a	9,63 a	2,29 b	6,83 b
UFLA 02-68	8,02 a	3,20 b	7,02 a	6,08 b
UFLA 04-195	6,93 a	5,37 b	11,16 a	7,82 a
CIAT 899	9,95 a	10,16 a	8,65 a	9,92 a
TEST C/N	7,18 a	6,74 b	4,57 b	6,17 b
TEST S/N	3,86 a	3,66 b	2,61 b	3,37 c
Médias	7,38	6,26	6,18	6,61

Em cada coluna, médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas pertencem a um mesmo grupo, de acordo com o teste Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade

Os resultados de viabilidade econômica são apresentados na Tabela 34, A estipe UFLA 02-100 apresentou os maiores valores de DRLt, com retorno econômico de R\$358,96 em relação a TEST C/N, A estipe CIAT 899 apresentou diferença de R\$244,88 em relação a TEST C/N.

Tabela 34 Valores referentes a rendimentos de grãos (RG), custo total efetivo (CTET), receita bruta do tratamento (RBT), receita líquida do tratamento (RLT) e Receita Líquida em relação à testemunha (DRLt), nos experimentos com rendimentos abaixo de 600 kg ha⁻¹

Tratamentos	RG (kg ha ⁻¹)	CTET (R\$)	RBT (R\$)	RLT (R\$)	DRLt (R\$)
UFLA 02-100	571,68	65,00	1.023,31	958,31	492,71
UFLA 02-127	468,86	65,00	839,26	774,26	308,66
UFLA 02-68	368,63	65,00	659,85	594,85	129,25
UFLA 04-195	456,26	65,00	816,71	751,71	286,11
CIAT 899	507,95	65,00	909,23	844,23	378,63
TEST C/N	446,52	199,92	799,27	599,35	133,75
TEST S/N	293,63	60,00	525,60	465,60	0,00

5 DISCUSSÃO

Todas as características avaliadas por ocasião da floração foram significativamente influenciadas, nos três patamares de produtividade, pelo ambiente (local) e pela interação ambiente x tratamentos, exceto ANPA para médios valores de produtividade, indicando que o efeito dos tratamentos variou com o ambiente, em repostas a variações nas características edáficas, climáticas e de manejo, conforme Tabelas 5, 13 e 23.

Maior crescimento do feijoeiro-comum, neste estudo aferido em termos de maior MSPA, foi obtido em Presidente Olegário (dentro do ambiente de baixa produtividade), Guarda Mor e Lavras (média produtividade) e Pitangui (alta produtividade). Entre os ambientes de baixa produtividade, Luminárias apresentou melhor distribuição pluvial no estabelecimento da cultura (Figura 17). Entre os ambientes de média produtividade, Presidente Olegário apresentou baixa precipitação pluvial (Figura 6), o que pode ter prejudicado o crescimento do feijoeiro em relação aos outros dois ambientes. Finalmente, entre os ambientes de maior produtividade, maior crescimento do feijoeiro foi constatado nos dois locais conduzidos sob irrigação na safra de inverno, Pitangui e EPAMIG 2 (Tabela 6). Verifica-se, pois, que o fator determinante na definição do crescimento do feijoeiro, em termos de matéria seca, foi a disponibilidade de água.

Com relação ao efeito médio dos tratamentos, verifica-se que nos ambientes de alta produtividade (Tabela 6) que a TEST C/N promoveu maior crescimento do feijoeiro, como reflexo do mesmo comportamento apresentado em EPAMIG 1, EPAMIG 2 e Pitangui. Em Bambuí a TEST C/N não diferiu dos demais tratamentos em termos de MSPA, o que pode ter sido resultante da ocorrência de cinco chuvas que totalizaram 141mm entre os estádios V1

(emergência) e V2 (folhas primárias), o que pode ter lixiviado grande parte do N aplicado na semeadura (Figura 9).

Nos ambientes de média produtividade, não houve diferenças significativas entre os tratamentos em Lavras e Presidente Olegário, o que se refletiu na média das três localidades, que também não apresentaram diferenças entre os tratamentos. Em Lavras, alta precipitação nos primeiros dias após a emergência (Figura 17) pode ter contribuído para menor disponibilidade do N aplicado na semeadura devido à lixiviação, enquanto em Presidente Olegário, por ser tratar de semeadura na seca, a baixa umidade do solo foi decisiva em determinar baixa recuperação do N aplicado. Apenas no ambiente Guarda Mor houve diferenças entre os tratamentos, sendo os maiores valores encontrados para os tratamentos TEST C/N, UFLA 02-100, UFLA 02-127 e UFLA 02-68. Nesta última localidade deve ser registrado que houve bom desempenho das três estirpes em promover o crescimento do feijoeiro, mesmo com um período de seca de aproximadamente 20 dias a partir da emergência (Figura 15).

Dentre os ambientes de baixa produtividade (Tabela 26) houve diferenças entre os tratamentos nos três locais de cultivo, entretanto, Luminárias foi o local mais favorável ao desenvolvimento do feijoeiro. Nesta última localidade, a estirpe UFLA 02-100, mostrando uma possível tolerância a solos ácidos com altos teores de alumínio, superou as demais e também a TEST C/N, promovendo maior crescimento do feijoeiro.

Para a variável NN (Tabelas 7, 16 e 26) à exceção da TEST C/N, todas as estirpes e a TEST S/N apresentaram elevados valores de NN no ambiente de alta produtividade. Ferreira et al. (2009), em experimento conduzido em campo em Perdões, MG, observaram efeito inibitório sobre a nodulação com aplicação de 80 kg ha^{-1} de N. O contrário ocorreu no ambiente de baixa produtividade, onde os tratamentos inoculados com as estirpes UFLA 04-195 e CIAT 899 foram superiores aos demais tratamentos. No ambiente de média produtividade,

a TEST S/N se igualou às estirpes UFLA 02-100, UFLA 02-127 e UFLA 02-68, proporcionando médias superiores às da CIAT 899. A menor nodulação ocorreu no tratamento sem inoculação, com, no entanto, adição de N (TEST C/N). Em EPAMIG 1, Guarda Mor e Lavras, safra das águas (média produtividade) e Presidente Olegário (baixa produtividade) foram verificados os maiores valores de NN, o que pode estar relacionado em Guarda Mor ao sistema de cultivo que foi plantio direto, que resultou em maior retenção de umidade do solo e Presidente Olegário a boa uniformidade de chuvas após a semeadura (Figura 21). O menor NN foi encontrado em Bambuí (alta produtividade), o que pode estar relacionado a alta fertilidade do solo (TABELA 2). Em Bambuí, os maiores valores foram evidenciados pela estirpe UFLA 04-195. Ainda no ambiente de alta produtividade, a estirpe UFLA 02-100 foi que proporcionou maior nodulação para um maior número de locais, fato observado em EPAMIG 1, EPAMIG 2 e Pitangui.

No agrupamento de médio rendimento, a maior nodulação ocorreu em Guarda Mor e a menor, em Presidente Olegário. Lavras e Presidente Olegário não apresentaram diferença entre os tratamentos, o que pode ser explicado pela baixas precipitações no início do ciclo da cultura (Figuras 6 e 21). Em Guarda Mor a estirpe CIAT 899 foi inferior aos demais tratamentos inoculados, incluindo a TEST S/N, sendo, no entanto, aquela, superior à TEST C/N.

Em rendimentos inferiores a 600 kg ha^{-1} verifica-se que, em Presidente Olegário (safra das águas) foi obtido o maior NN. No entanto, não houve diferença estatística entre os tratamentos. Embora as demais localidades tenham apresentado o menor NN, foi nelas que as estirpes CIAT 899 e UFLA 04-195 mais nodularam, refletindo em maior número de nódulos na média geral. Soares et al. (2006) não observaram diferenças entre a TEST S/N e os tratamentos inoculados para esta variável.

Para MSN, em altos rendimentos (Tabela 8), as estirpes UFLA 02-100 e UFLA 02-68, acompanhadas da TEST S/N, apresentaram os maiores valores. Menor MSN foi obtida pela TEST C/N. Tal comportamento da TEST S/N foi também observado nos experimentos de médio e baixo rendimentos. Esses resultados mostram que nesses locais onde foram instalados os experimentos havia a presença de rizóbios nativos, capazes de nodular o feijoeiro e novamente evidenciando o efeito negativo do nitrogênio mineral sobre a nodulação. No entanto, nem sempre a população nativa é eficiente em fornecer nitrogênio. No ambiente de baixa produtividade o tratamento com a estirpe UFLA 02-68 foi inferior aos demais tratamentos acompanhado do tratamento TEST C/N (Tabela 27), que foi diretamente influenciado pelo local de cultivo, onde em Luminárias a estirpe não tolerou solos com alta acidez (TABELA 2). As maiores médias de MSN foram observadas em Pitangui, Guarda Mor e Lavras e Presidente Olegário (alto, médio e baixo rendimento, respectivamente).

O acúmulo de nitrogênio na parte aérea é maior em Pitangui (alta produtividade) Guarda Mor (média produtividade) e em Presidente Olegário (baixa produtividade). Em Guarda Mor, é observado o maior valor de matéria orgânica do solo, além de ser cultivado sob sistema plantio direto com rotação entre leguminosas e gramíneas, que pode ter contribuído para um fornecimento contínuo de nitrogênio durante todo o ciclo da cultura. Arf et al. (1999), verificaram maiores produtividades do feijoeiro em rotação de culturas. No ambiente de baixa produtividade os tratamentos em Lavras e Luminárias (baixo rendimento) não apresentaram diferenças, no entanto em Presidente Olegário os tratamentos com as estirpes UFLA 02-68, UFLA 04-195 e CIAT 899 foram superiores as demais. Vale ressaltar que para MSN em Presidente Olegário, nesta mesma condição as estirpes UFLA 04-195 e CIAT 899 apresentaram os maiores valores de MSN, possivelmente influenciando nesta variável. Comportamento semelhante foi observado em EPAMIG 2, onde os tratamentos

com as UFLA 02-68, UFLA 04-195 e CIAT 899 foram superiores aos demais tratamentos e com valores estatisticamente iguais a TEST C/N.

Em relação aos componentes primários de produção, rendimento de grãos e acúmulo de nitrogênio nos grãos todas as variáveis foram influenciadas pelo local, exceto RG em ambiente de média produtividade e ANG em ambiente de baixa produtividade. A interação local x tratamento foi significativa para RG e ANG em ambiente de alta e baixa produtividade.

Os V/P nos experimentos de alta produtividade, observa-se que apenas na EPAMIG 1, foi encontrado menor o valor desta variável, devido a altas temperaturas no período do florescimento, como pode ser observado na Figura 4. Segundo Andrade, Carvalho e Vieira (2008), temperaturas superiores a 30°C durante o dia pode ocasionar o abortamento de flores. Lavras e Presidente Olegário foram inferiores em V/P, comparados a Guarda Mor e não apresentaram diferenças entre os tratamentos. No entanto em Guarda Mor as estirpes UFLA 02-127, UFLA 02-68 e CIAT 899 foram as de maiores valores. Apesar do período de veranico ocorrido em Guarda Mor (Figura 15), o solo apresentou retenção de umidade, possivelmente pelo sistema de cultivo que foi o plantio direto. Lavras (Figura 16) e Presidente Olegário (Figura 4), apresentaram altas temperaturas na floração, ocasionando um possível abortamento de flores como ocorreu em EPAMIG 1.

Em relação aos experimentos de baixa produtividade, Presidente Olegário, apresentou maior valor de V/P. Após passar por um período de seca 24 dias após plantio, o que atrasou o ciclo da cultura, ocorreu chuvas de 57 mm fazendo que as plantas rebrotassem, ocorrendo nova formação de vagens (Figura 21). Lavras teve sua produção comprometida logo no início do ciclo, com precipitação 5 dias após o plantio e novamente 8 dias após a primeira chuva (Figura 19) e Luminárias, apresentava solos de elevada acidez, o que contribuiu para o baixo valor de V/P.

Apesar de seu uma característica de alta herdabilidade genética, os locais de cultivo influenciaram nos valores de G/V. Patos de Minas, Guarda Mor e Presidente Olegário, e Lavras foram os locais que apresentaram os maiores valores (Alta, Média e Baixa produtividade), com destaque para as estirpes UFLA 02-100 e UFLA 04-195 em baixa produtividade.

Para rendimentos de grãos, em alta produtividade, observa-se que a TEST C/N foi superior aos demais tratamentos, possivelmente pela melhor utilização do nitrogênio mineral, uma vez que nesses locais a irrigação foi utilizada, não interferindo no fluxo em massa dos nutrientes (nitrogênio) para as plantas. Foi observado que em EPAMIG 1 e EPAMIG 2, os tratamentos com as estirpes UFLA 02-100 e UFLA 02-127 apresentaram valores semelhantes a TEST C/N, respectivamente, não influenciando na média geral entre os locais.

Para o cultivo de médias produtividades, observamos que UFLA 02-127, UFLA 02-68 e UFLA 04-195 apresentaram rendimentos de grãos semelhantes a TEST C/N e no cultivo de baixa produção as estirpes UFLA 02-100, UFLA 02-127, UFLA 04-195 e CIAT 899, foram estatisticamente semelhantes a TEST C/N. Soares et al. 2006 em experimentos conduzidos em Perdões- MG, verificaram que as estirpes UFLA 02-100, UFLA 02-127 e CIAT 899 foram eficientes em fornecer nitrogênio ao feijoeiro-comum, com rendimentos iguais ao da testemunha que recebeu 70 kg ha⁻¹ de N. Ferreira et al. (2009), em experimentos conduzidos em Lavras-MG verificaram que a estirpe UFLA 02-68 promoveu rendimentos de grãos semelhantes à testemunha que recebeu 80 kg ha⁻¹ de N. Em Luminárias, o tratamento com a estirpe UFLA 02-100 foi superior aos demais tratamentos, mostrando alta capacidade de sobreviver em solos de acidez elevada.

Entre os ambientes de alta produtividade, verifica-se que EPAMIG 2 e Pitangui, apresentam as maiores médias de ANG. Entre estes locais, os tratamentos com as estirpes UFLA 02-100, foi superior em Bambuí e EPAMIG

1. Os tratamentos com as estirpes UFLA 02-68 e UFLA 04-195, foram superiores em Bambuí e EPAMIG 2. Em média produtividade o tratamento UFLA 02-100 foi inferior aos demais tratamentos, junto com a TEST S/N, sendo que Guarda Mor e Lavras foram os locais que apresentaram as melhores médias. Para Guarda Mor, a matéria orgânica do solo pode ter contribuído e Lavras em relação a Presidente Olegário, esta relacionado a melhor distribuição de chuvas em Lavras (Figuras 6 e 17) . No ambiente de baixas produtividades, os tratamentos com as estirpes UFLA 04-195 e CIAT 899 forma em média superiores aos demais tratamentos.

Esses resultados sugerem que quando o nível tecnológico é alto, com sistema de irrigação a utilização de fertilizantes nitrogenados e uma alternativa viável, por representar maiores ganhos de produção em relação as inoculações e a TEST S/N. Em plantios de menor nível tecnológico, onde os fatores climáticos podem ser mais decisivos para a produtividade a inoculação com bactérias nodulíferas, tornou-se uma alternativa viável, pois seus ganhos de produtividade foram semelhantes a TEST C/N.

Nem sempre os maiores ganhos em produção, representam os maiores retornos econômicos. Os custos operacionais envolvidos no processo produtivo interferem nas respostas produtivas do feijoeiro-comum. Para os experimentos de alta produtividade, apesar de a TEST C/N, apresentar maior CTET (R\$ 280,00), sua produção foi significativamente maior a ponto de sua RLT ser maior a RLT do tratamento inoculado de que possui a melhor produtividade (UFLA 02-100). Para os experimentos de média e baixa produtividade as estirpes UFLA 02-68 e UFLA 02-100, respectivamente, foram as que apresentaram o maior valor de DRLt. A estirpe UFLA 02-68, obteve um ganho adicional de R\$400,00 em relação à TEST C/N e a UFLA 02-100 de R\$ 440,00 em relação à TEST C/N. Portanto, para experimentos de médios a baixo níveis de produção, a inoculação é uma alternativa viável e mais lucrativa. Pelegrini et

al. (2009), em experimentos de campo com feijoeiro-comum encontraram receita líquida do tratamento inoculado com 20 kg ha⁻¹ igual do tratamento que recebeu 160 kg ha⁻¹.

6 CONCLUSÃO

Os fatores climáticos foram decisivos para determinação de produtividades do feijoeiro-comum, cultivar Majestoso, em tratamentos inoculados sem nitrogênio ou nos tratamentos com adição de nitrogênio mineral.

Em cultivos de alto nível tecnológico a adubação nitrogenada é a de maior produtividade e retorno econômico.

Para médios e pequenos agricultores, que utilizam de baixos níveis tecnológicos, a inoculação de bactérias foi uma alternativa que substituiu o fertilizante nitrogenado e trazem retornos financeiros maiores.

As estirpes UFLA 02-100 e UFLA 02-68 foram as que apresentaram maior retorno econômico.

REFERÊNCIAS

- ABREU, A. F. B. et al. BRSMG Majestoso: another common bean cultivar of carioca grain type for the state of Minas Gerais. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 7, p. 403-405, 2007.
- ANDRADE, M. J. B.; CARVALHO, A. J.; VIEIRA, N. M. B. Exigências edafoclimáticas. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T. J.; BORÉM, A. **Feijão**. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 2008. p. 600.
- ARF, O. et al. Efeito da rotação de culturas, adubação verde e sobre o rendimento do feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 11, p. 2029-2036, nov. 1999.
- CARVALHO, M. A. C. et al. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio e de teores foliares deste nutriente e de clorofila em feijoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 27, p. 445-450, 2003.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Feijão total**: (1^a, 2^a e 3^a safras). Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/FeijaoTotalSerieHist.xls>>. Acesso em: 13 jun. 2010.
- FARINELLI, R. et al. Adubação nitrogenada de cobertura no feijoeiro , em plantio direto e convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 2, p. 307-312, fev. 2006.
- FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCAR, 2000. p. 255-258.
- 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.
- FRED, E. B.; WAKSMAN, S. A. **Laboratory manual of general microbiology**. New York: McGraw-Hill, 1928. 143 p.

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

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

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Gráficos**. 2011. Disponível em: < <http://www.inmet.gov.br/html/observacoes.php>>. Acesso em: 25 nov. 2011.

LIMA, A. S. et al. Nitrogen-fixing bacteria communities occurring in soils under different uses in the Western Amazon Region as indicated by nodulation of siratro (*Macroptilium atropurpureum*). **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 20, p. 1-19, 2009.

MINAS GERAIS (MG). **Divisão do Estado em Mesorregiões**. 1999. Disponível em: < <http://www.brasilchannel.com.br/municipios/index.asp?nome=Minas+Gerais> >. Acesso em: 20 nov. 2011.

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

MOSTASSO, L. et al. Selection of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) rhizobial strains for the Brazilian Cerrados. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 73, n. 2/3, p. 121-132, 2001.

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

PEREIRA, E. G. et al. Genotypic, phenotypic and symbiotic diversity amongst rhizobia isolates from *Phaseolus vulgaris* L. growing in the Amazon region. **Biology and Fertility of Tropical Soils**, Cali, v. 38, p. 86-87, 1998.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 15. ed. Piracicaba: Fealq, 2009. 451 p.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. Viena: R Foundation for Statistical Computing, 2010.

REIS, R. P. **Fundamentos de economia aplicada**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2002. 95 p.

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

SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, Washington, v. 30, n. 3, p. 507-512, Sept. 1974.

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

ANEXOS

ANEXO A - Gráficos de temperatura e precipitação pluvial de todos para os ambientes de baixa, média e alta produtividades

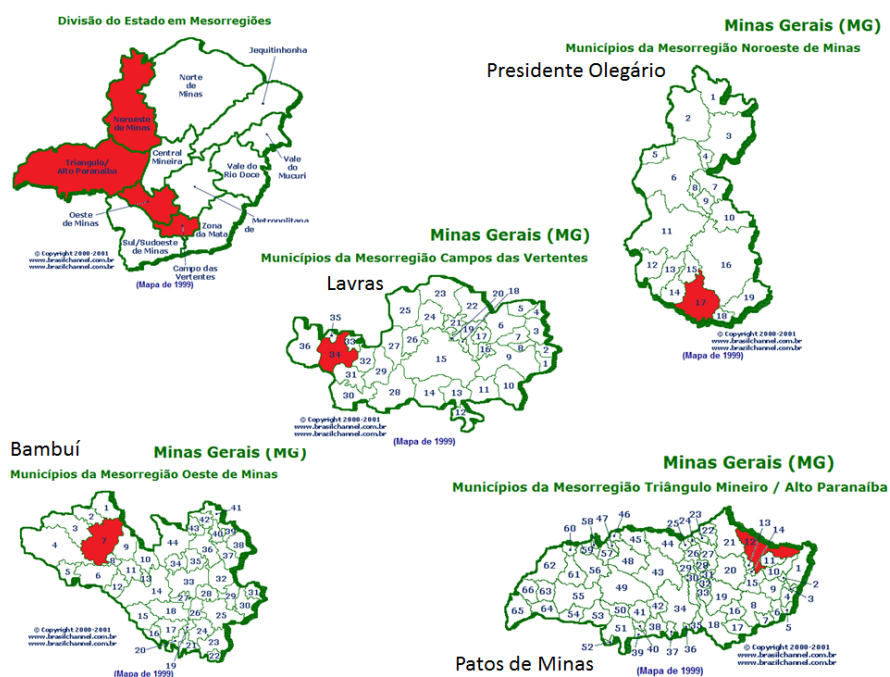


Figura 1 Representação esquemática do Estado de Minas Gerais, Regiões e as cidades que foram instalados os experimentos de campo na safra da seca

Fonte: Minas Gerais (1999)

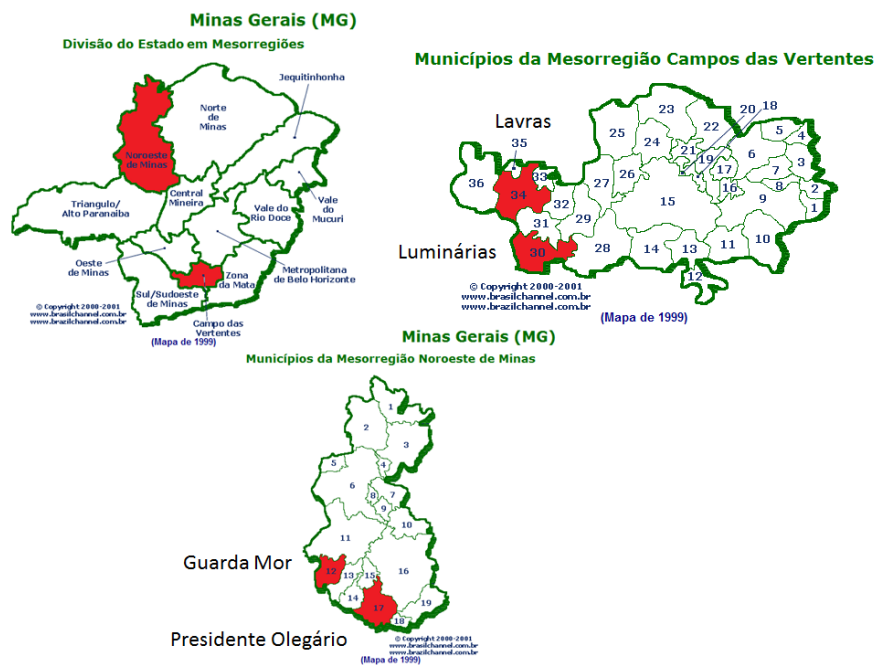


Figura 2 Representação esquemática do Estado de Minas Gerais, Regiões e as cidades que foram instalados os experimentos de campo na safra das águas

Fonte: Minas Gerais (1999)

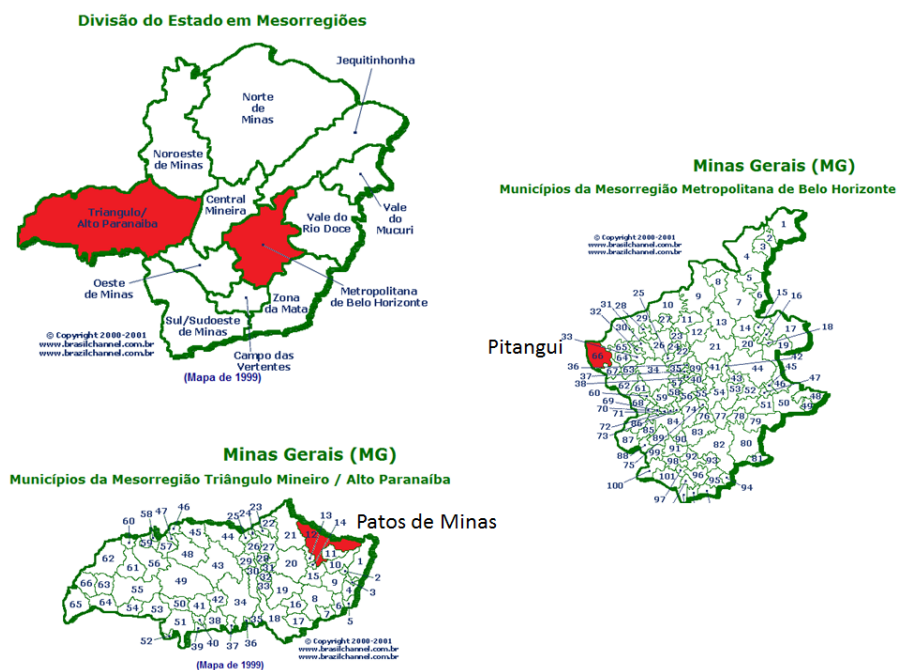


Figura 3 Representação esquemática do Estado de Minas Gerais, Regiões e as cidades que foram instalados os experimentos de campo na safra das águas

Fonte: Minas Gerais (1999)

Temperatura Máxima, Média e Mínima – Patos de Minas, MG

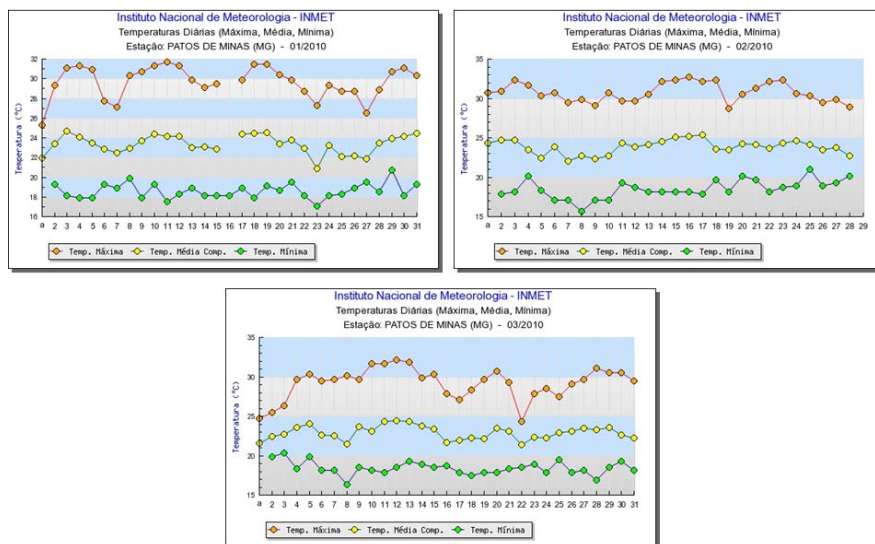


Figura 4 Variações diárias de temperatura no período de janeiro/2010 a março/2010, nos experimentos com produtividade acima de 1100 kg ha⁻¹ e nos experimentos com rendimentos entre 900 a 1100 kg ha⁻¹ em Patos de Minas e Presidente Olegário, MG

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (2011)

Temperatura Máxima, Média e Mínima – Patos de Minas, MG

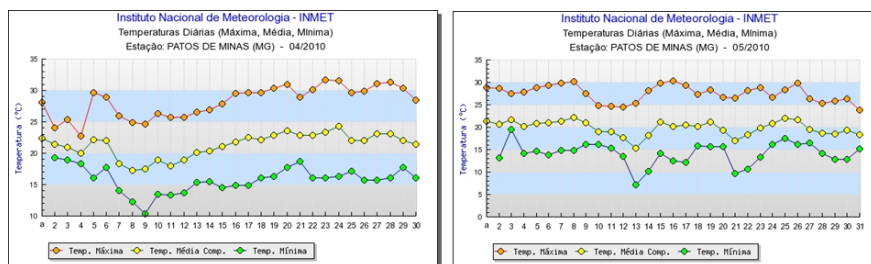


Figura 5 Variações diárias de temperatura no período de abril/2010 a maio/2010, nos experimentos com produtividade acima de 1100 kg ha^{-1} e nos experimentos com rendimentos entre 900 a 1100 kg ha^{-1} em Patos de Minas e Presidente Olegário, MG

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (2011)

Chuva acumulada em 24 horas – Patos de Minas, MG

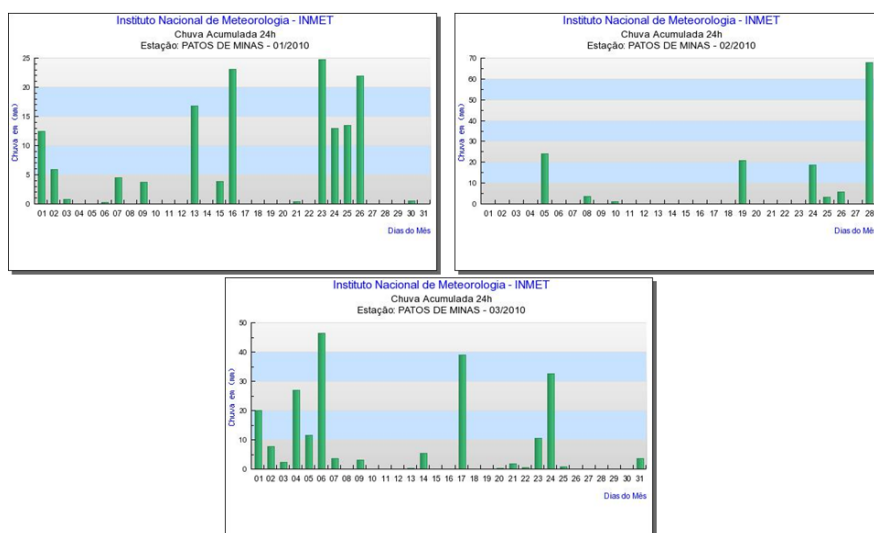


Figura 6 Variações diárias de precipitação pluvial no período de janeiro/2010 a março/2010, nos experimentos com produtividade acima de 1100 kg ha^{-1} e nos experimentos com rendimentos entre 900 a 1100 kg ha^{-1} em Patos de Minas e Presidente Olegário, MG

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (2011)

Chuva acumulada em 24 horas – Patos de Minas, MG

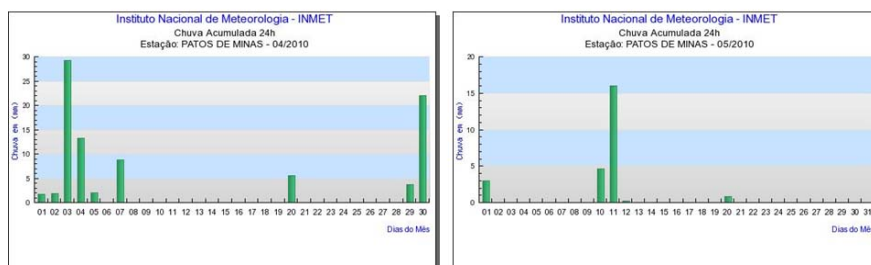


Figura 7 Variações diárias de precipitação pluvial no período de abril/2010 a maio/2010, nos experimentos com produtividade acima de 1100 kg ha^{-1} e nos experimentos com rendimentos entre 900 a 1100 kg ha^{-1} em Patos de Minas e Presidente Olegário, MG

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (2011)

Temperatura Máxima, Média e Mínima – Bambuí, MG

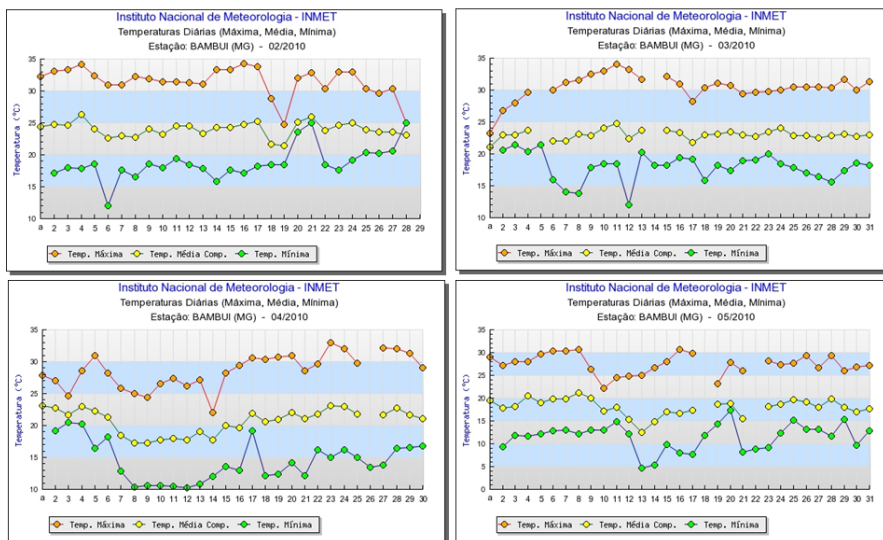


Figura 8 Variações diárias de temperatura no período de fevereiro/2010 a maio/2010, nos experimentos com produtividade acima de 1100 kg ha⁻¹ em Bambuí, MG

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (2011)

Chuva acumulada em 24 horas – Bambuí, MG

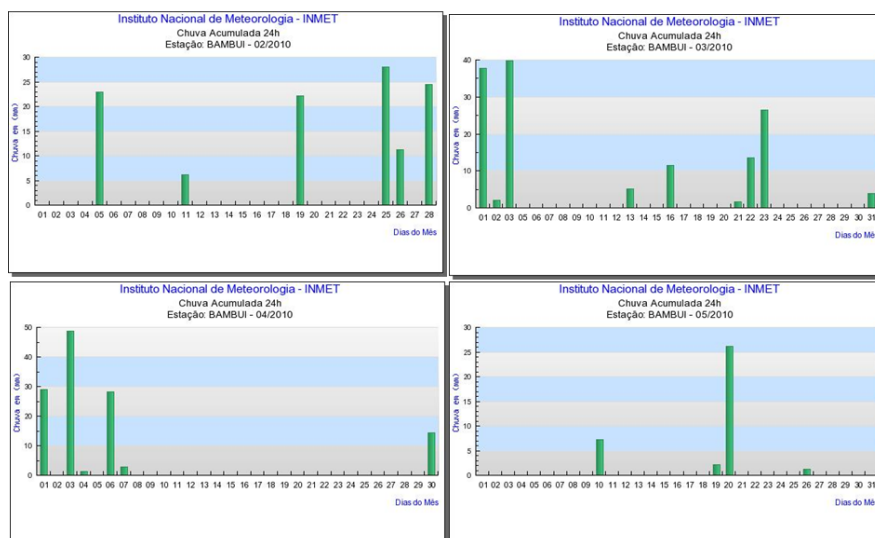


Figura 9 Variações diárias de precipitação pluvial no período de fevereiro/2010 a maio/2010, nos experimentos com produtividade acima de 1100 kg ha^{-1} em Bambuí, MG

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (2011)

Temperatura Máxima, Média e Mínima – Patos de Minas, MG

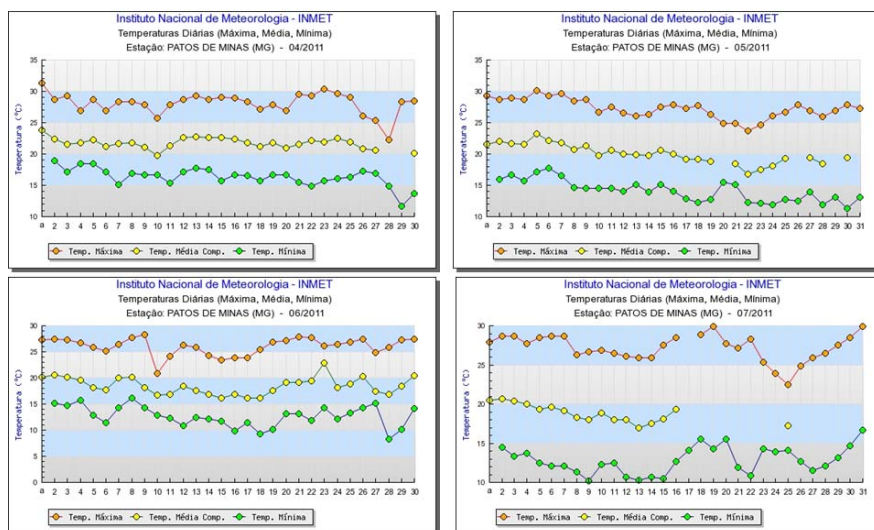


Figura 10 Variações diárias de temperatura no período de abril/2011 a julho/2011, nos experimentos com produtividade acima de 1100 kg ha⁻¹ em Patos de Minas, MG

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (2011)

Chuva acumulada em 24 horas – Patos de Minas, MG

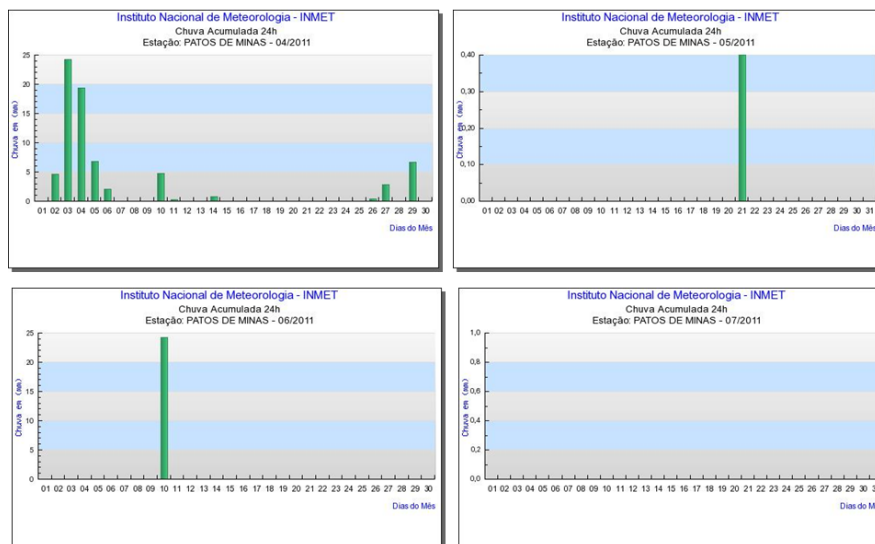


Figura 11 Variações diárias de precipitação pluvial no período de abril/2011 a julho/2011, nos experimentos com produtividade acima de 1100 kg ha⁻¹ em Patos de Minas, MG

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (2011)

Temperatura Máxima, Média e Mínima – Divinópolis, MG

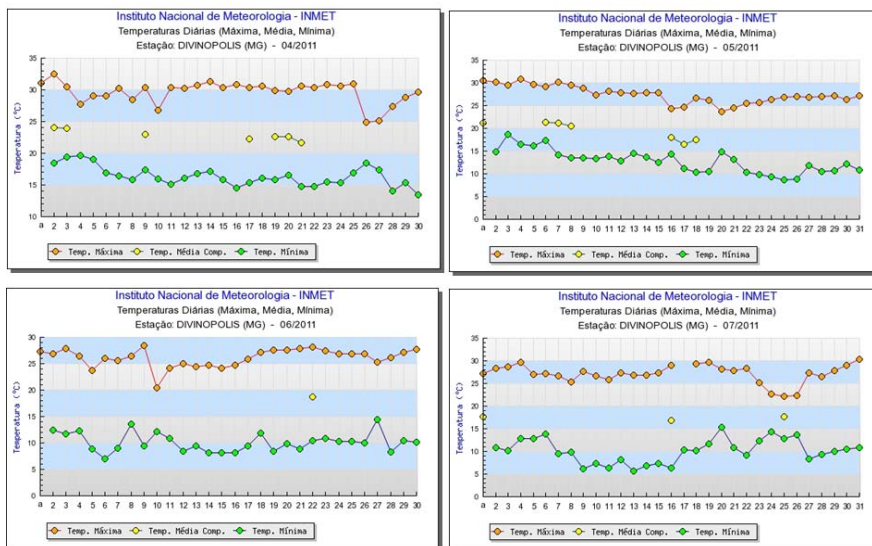


Figura 12 Variações diárias de temperatura no período de abril/2011 a julho/2011, nos experimentos com produtividade acima de 1100 kg ha⁻¹ em Pitangui, MG

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (2011)

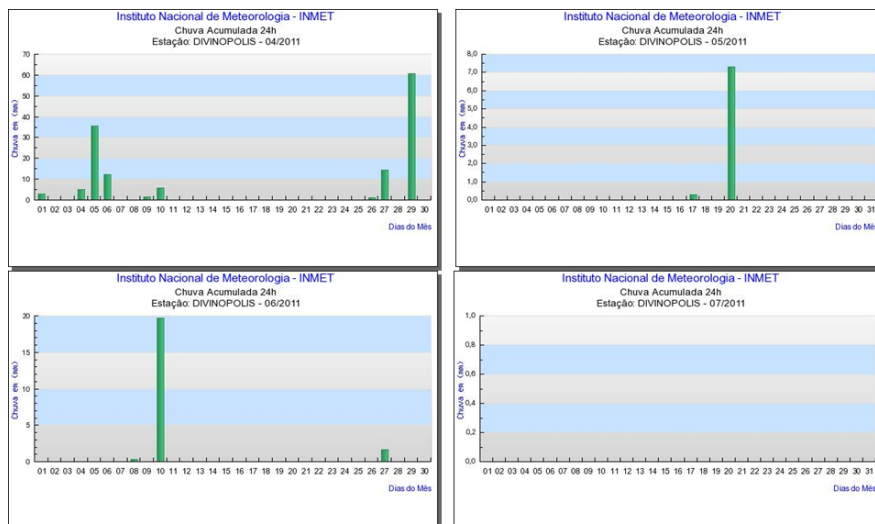


Figura 13 Variações diárias de precipitação pluvial no período de abril/2011 a julho/2011, nos experimentos com produtividade acima de 1100 kg ha^{-1} em Pitangui, MG

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (2011)

Temperatura Máxima, Média e Mínima - Paracatu, MG

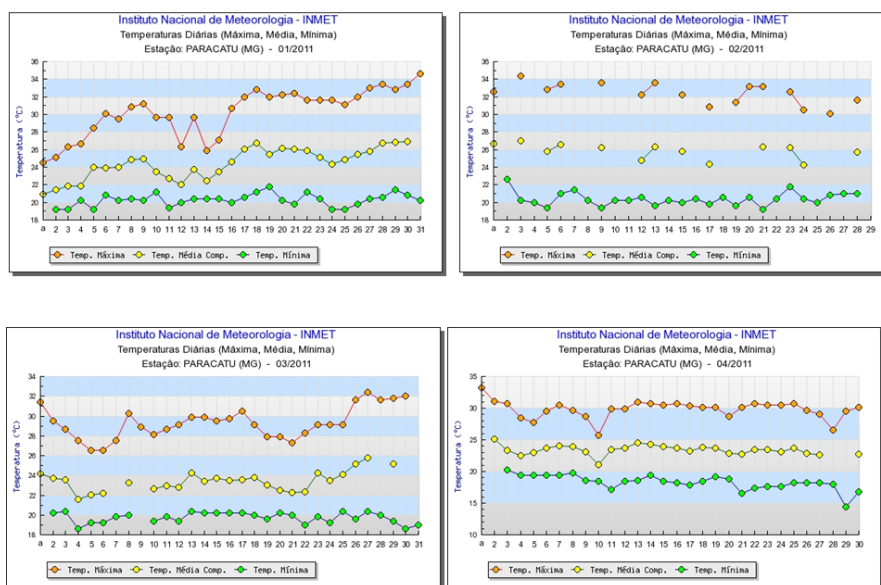


Figura 14 Variações diárias de temperatura no período de janeiro/2011 a abril/2011, nos experimentos com rendimentos entre 900 a 1100 kg ha⁻¹ em Guarda Mor

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (2011)

Chuva acumulada em 24 horas – Paracatu, MG

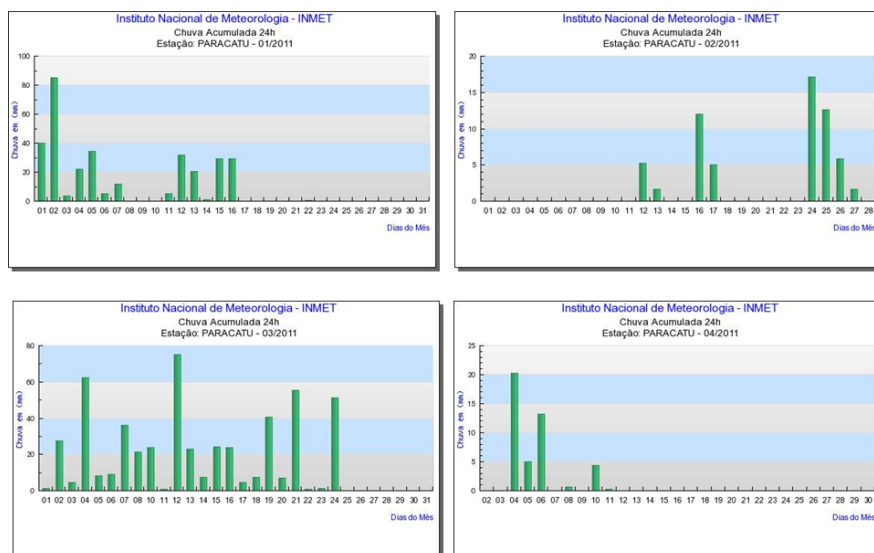


Figura 15 Variações diárias de precipitação pluvial no período de janeiro/2011 a abril/2011 nos experimentos com rendimentos entre 900 a 1100 kg ha⁻¹ em Paracatu, MG

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (2011)

Temperatura Máxima, Média e Mínima – Lavras, MG

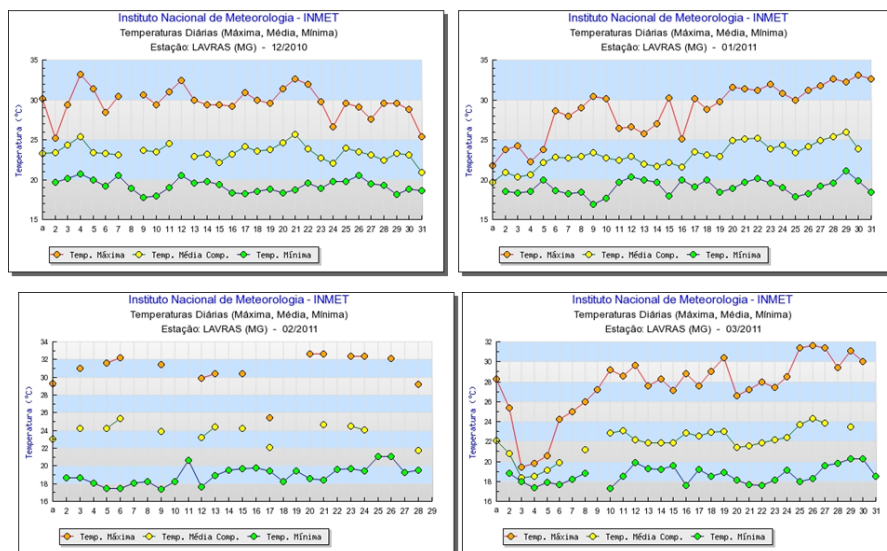


Figura 16 Variações diárias de temperatura no período de dezembro/2010 a março, nos experimentos com rendimentos entre 900 a 1100 kg ha⁻¹ e nos experimentos com rendimentos abaixo de 600 kg ha⁻¹ em Lavras e Luminárias, MG

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (2011)

Chuva acumulada em 24 horas – Lavras, MG

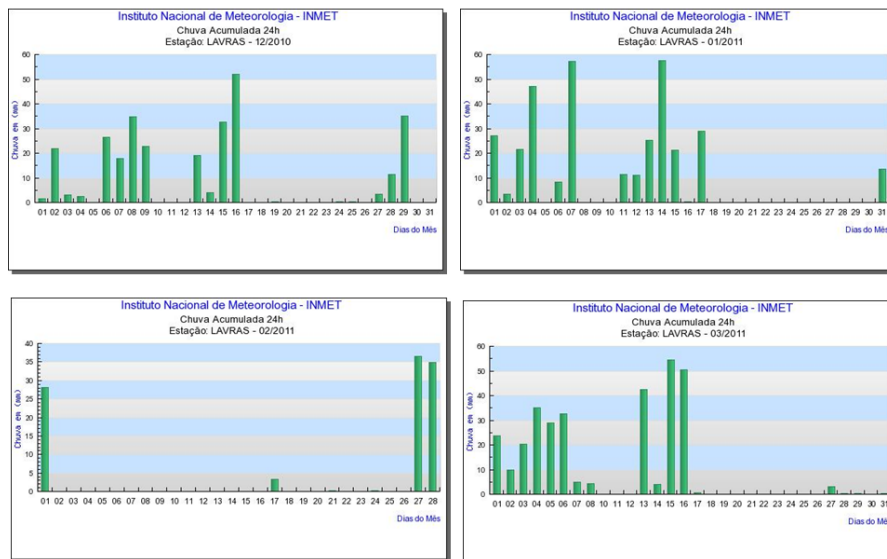


Figura 17 Variações diárias de precipitação pluvial no período de dezembro/2010 a março/2011, nos experimentos com rendimentos entre 900 a 1100 kg ha⁻¹ e nos experimentos com rendimentos abaixo de 600 kg ha⁻¹ em Lavras e Luminárias, MG

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (2011)

Temperatura Máxima, Média e Mínima – Lavras, MG

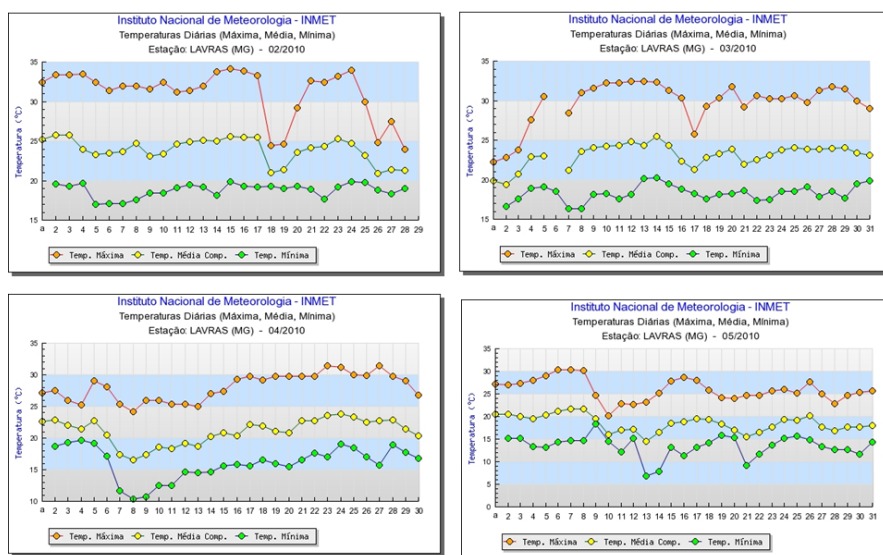


Figura 18 Variações diárias de temperatura no período de fevereiro/2010 a maio/2010, nos experimentos com rendimentos abaixo de 600 kg ha^{-1} em Lavras, MG

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (2011)

Chuva acumulada em 24 horas – Lavras, MG

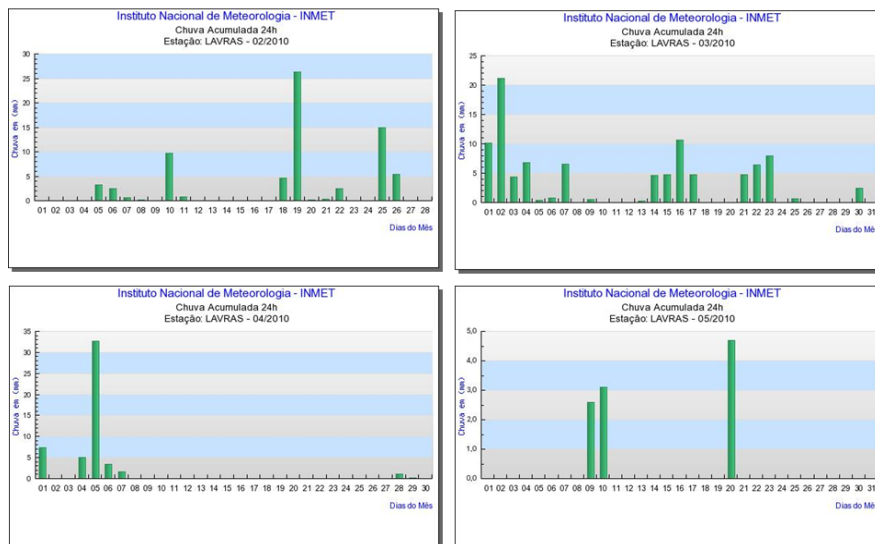


Figura 19 Variações diárias de precipitação pluvial no período de fevereiro/2010 a maio/2010, nos experimentos com rendimentos abaixo de 600 kg ha^{-1} em Lavras, MG

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (2011)

Temperatura Máxima, Média e Mínima – Patos de Minas, MG

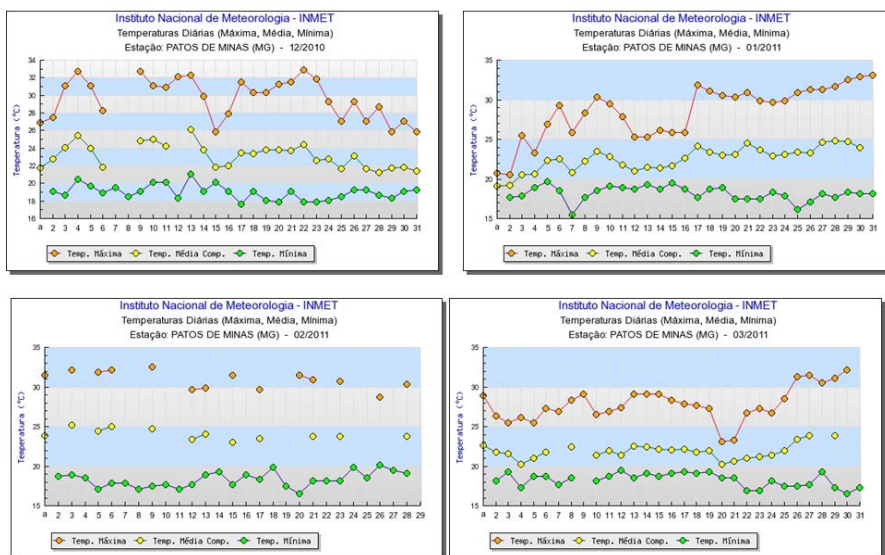


Figura 20 Variações diárias de temperatura no período de dezembro/2010 a março/2011, nos experimentos com rendimentos abaixo de 600 kg ha⁻¹ em Patos de Minas, MG

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (2011)

Temperatura Máxima, Média e Mínima –Patos de Minas, MG

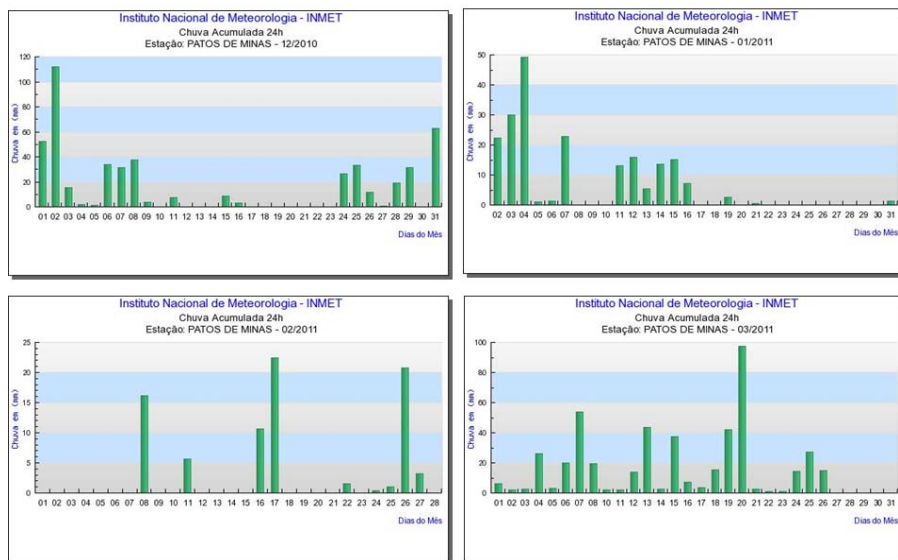


Figura 21 Variações diárias de precipitação pluvial no período de dezembro/2010 a março/2011, nos experimentos com rendimentos abaixo de 600 kg ha^{-1} em Patos de Minas MG

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (2011)