



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
ESCOLA DE AGRONOMIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**CO-INOCULAÇÃO DE *Rhizobium tropici* E  
*Azospirillum brasilense* NO FEIJOEIRO-COMUM  
VISANDO AUMENTO DE PRODUTIVIDADE E  
REDUÇÃO DE CUSTO DE PRODUÇÃO**

**JOSÉ EDUARDO BARBOSA DE SOUZA**

Orientador:  
**Prof. Enderson Petrônio de Brito Ferreira**

**TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR AS TESES E DISSERTAÇÕES ELETRÔNICAS NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG**

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

**1. Identificação do material bibliográfico:**       **Dissertação**       **Tese**

**2. Identificação da Tese ou Dissertação**

Nome completo do autor: JOSÉ EDUARDO BARBOSA DE SOUZA

Título do trabalho:

**Co-inoculação de *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense* no feijoeiro-comum visando aumento de produtividade e redução de custo de produção**

**3. Informações de acesso ao documento:**

Concorda com a liberação total do documento  SIM       NÃO<sup>1</sup>

Havendo concordância com a disponibilização eletrônica, torna-se imprescindível o envio do(s) arquivo(s) em formato digital PDF da tese ou dissertação.

Assinatura do (a) autor (a) <sup>2</sup>

Data: 02 / 01 / 2017

<sup>1</sup> Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. A extensão deste prazo suscita justificativa junto à coordenação do curso. Os dados do documento não serão disponibilizados durante o período de embargo.

<sup>2</sup>A assinatura deve ser escaneada.

**JOSÉ EDUARDO BARBOSA DE SOUZA**

**CO-INOCULAÇÃO DE *Rhizobium tropici* E *Azospirillum brasilense* NO  
FEIJOEIRO-COMUM VISANDO AUMENTO DE PRODUTIVIDADE E  
REDUÇÃO DE CUSTO DE PRODUÇÃO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Federal de Goiás, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Agronomia, área de concentração: Solo e Água.

Orientador:

**Dr. Enderson Petrônio de Brito Ferreira**

Goiânia, GO – Brasil

2015

**Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.**

**Souza, José Eduardo Barbosa de**  
**Co-Inoculação de *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense* no feijoeiro-comum visando aumento de produtividade e redução de custo de produção [manuscrito] / José Eduardo Barbosa de Souza. - 2015.**  
**83 f.: il.**

**Orientador: Prof. Dr. Enderson Petrônio de Brito Ferreira.**  
**Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Escola de Agronomia (EA), Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Goiânia, 2015.**  
**Bibliografia. Anexos.**  
**Inclui lista de figuras, lista de tabelas.**

**1. *Phaseolus vulgaris*. 2. Fixação biológica de nitrogênio (FBN). 3. Bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCP). I. Ferreira, Enderson Petrônio de Brito, orient. II. Título.**

**CDU 631/635**



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
**UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS**  
ESCOLA DE AGRONOMIA  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**



**ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO**

Aos dezoito dias do mês de novembro do ano de dois mil e quinze (18.11.2015), às 13h00min, no Auditório do PPGA, da Escola de Agronomia da UFV, reuniu-se a Banca Examinadora, composta pelos membros: Dr. Enderson Petrônio de Brito Ferreira (Orientador e Presidente da Banca), Prof. Dr. Wilson Mozena Leandro e Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Cláudia Cristina Garcia Martin Didonet, para a realização da sessão pública da defesa de Dissertação intitulada: **“Co-inoculação de *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense* no feijoeiro-comum visando aumento de produtividade e redução de custo de produção”**, de autoria de **José Eduardo Barbosa de Souza**, discente do curso de **Mestrado**, na área de concentração em **Solo e Água**, do Programa de Pós-Graduação em Agronomia da UFV. A sessão foi aberta pelo presidente, que fez a apresentação formal dos membros da Banca e deu início as atividades relativas à defesa da Dissertação. Passou a palavra ao mestrando, que em quarenta minutos apresentou o seu trabalho. Após a exposição, o candidato foi arguido sucessivamente pelos membros da banca. Terminada a fase de arguição, procedeu-se à avaliação da defesa.. De acordo com a Resolução nº 1051, de 09.09.2011 do CEPEC - Conselho de Ensino, Pesquisa, Extensão e Cultura, que regulamenta o Programa de Pós-Graduação em Agronomia, a Banca Examinadora considerou **APROVADA** a Dissertação, desde que procedidas às correções recomendadas, estando integralmente cumprido este requisito para fins de obtenção do título de **DOUTOR** em Agronomia, na área de concentração em **SOLO E ÁGUA**, pela Universidade Federal de Goiás. O mestrando deverá efetuar as modificações sugeridas pela Banca Examinadora e encaminhar a versão definitiva da Tese à Secretaria do PPGA, no prazo máximo de trinta dias após a data da Defesa. A conclusão do Curso e a emissão do Diploma dar-se-ão após o cumprimento do Artigo 69, § 1º e § 2º, da Resolução CEPEC nº 1051, de 09.09.2011. A Banca Examinadora recomendou a publicação de artigo(s) científico(s), oriundo(s) dessa Dissertação, em periódicos de circulação nacional e, ou, internacional, depois de efetuadas as modificações sugeridas. No caso do discente titulado não providenciar a publicação de seu trabalho final em forma de artigo(s) científico(s) no prazo de seis meses, após a data da defesa, serão aplicados os dispositivos do Artigo 70, § 1º e § 2º, da mesma Resolução. Para finalizar, o Presidente agradeceu os membros examinadores, congratulando-se com o mestrando e encerrou a sessão às 16h25min, para constar, eu Welinton Barbosa Mota, secretário do PPGA, lavrei a presente Ata que depois de lida e aprovada, será assinada pelos membros da Banca Examinadora, em quatro vias de igual teor.

Prof. Dr. Enderson Petrônio de Brito Ferreira  
Presidente da Banca – Embrapa Arroz e Feijão

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Cláudia Cristina Garcia Martin Didonet  
Membro – UEG/Anápolis

Prof. Dr. Wilson Mozena Leandro  
Membro - EAVFG

Aos meus filhos, Ana Carolina e  
Felipe.

Aos meus pais, Ana e Waldemar.

E à minha tia, Maria José Barbosa

Scudeller,

DEDICO.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por estar presente em todos os momentos.

Aos meus pais, Ana Barbosa de Souza e Waldemar Galdino de Souza.

A meus filhos, Ana Carolina e Felipe, pela alegria e razão deste trabalho.

À minha tia Maria José Barbosa Scudeller, pelo carinho e atenção.

Ao Dr. Enderson Petrônio de Brito Ferreira, pela orientação, e cobrança na condução deste trabalho, desde o início, com paciência e amizade.

À Universidade Federal de Goiás pela oportunidade oferecida.

A todos os professores da UFG, que administraram aulas com dedicação e atenção.

À Embrapa Arroz e Feijão, pelo suporte estrutural durante toda a pesquisa.

Aos assistentes da Embrapa Arroz e Feijão, Marcos e Wilson, pela ajuda em vários momentos dos experimentos.

Aos produtores rurais Fábio José Silva e Marcos Suel Lopes Silva, que cederam áreas com a finalidade do plantio dos experimentos.

A Eliane Divina de Tolêdo pelo apoio a iniciação do mestrado.

E a todos que contribuíram de alguma forma para a concretização deste trabalho.

**A todos, o meu agradecimento.**

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	8
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	10
<b>RESUMO GERAL</b> .....	11
<b>GENERAL ABSTRACT</b> .....	12
<b>1 INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	13
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	16
2.1 O FEIJOEIRO-COMUM NO BRASIL E NO MUNDO.....	16
2.2 MORFOLOGIA DO FEIJOEIRO-COMUM .....	20
2.3 IMPORTÂNCIA DO NITROGÊNIO NO FEIJOEIRO-COMUM .....	22
2.4 FIXAÇÃO BIOLÓGICA DE NITROGÊNIO NO FEIJOEIRO-COMUM....	23
2.5 BACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO DE PLANTAS.....	25
2.6 CO-INOCULAÇÃO DE <i>Rhizobium tropici</i> E <i>Azospirillum brasilense</i> .....	27
<b>3 DESEMPENHO AGRONÔMICO DO FEIJOEIRO-COMUM CO-INOCULADO COM <i>Rhizobium tropici</i> E <i>Azospirillum brasilense</i> .....</b>	<b>30</b>
RESUMO .....	30
ABSTRACT .....	31
3.1 INTRODUÇÃO .....	31
3.2 MATERIAL E MÉTODOS .....	33
3.2.1 <b>Descrição dos locais de instalação dos experimentos</b> .....	33
3.2.2 <b>Análise química e física do solo</b> .....	34
3.2.3 <b>Implantação dos experimentos</b> .....	36
3.2.3.1 Áreas experimentais.....	36
3.2.3.2 Aplicação de adubo nitrogenado em cobertura e pulverização com <i>Azospirillum brasilense</i> .....	36
3.2.4 <b>Tratos culturais</b> .....	39
3.2.5 <b>Coleta de informações dos experimentos</b> .....	39
3.2.6 <b>Análise estatística</b> .....	41
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	42
3.3.1 <b>Valores de significância do teste F</b> .....	42
3.3.2 <b>Avaliação da nodulação do feijoeiro-comum em função da co-inoculação</b> .....	43
3.3.3 <b>Avaliação do crescimento de feijoeiro-comum co-inoculado</b> .....	45
3.3.4 <b>Avaliação dos componentes de rendimento e produção de grãos em feijoeiro-comum co-inoculado</b> .....	47
3.3.5 <b>Avaliação da produção relativa de grãos (PRG)</b> .....	49

3.4	CONCLUSÕES .....	52
3.5	REFERÊNCIAS .....	
<b>4</b>	<b>AVALIAÇÃO ECONÔMICA DA CULTURA DO FEIJOEIRO- COMUM CO-INOCULADO COM <i>Rhizobium tropici</i> E <i>Azospirillum brasilense</i> .....</b>	<b>53</b>
	RESUMO.....	53
	ABSTRACT.....	54
4.1	INTRODUÇÃO.....	55
4.2	MATERIAL E MÉTODOS.....	57
4.2.1	<b>Caracterização do local, delineamento experimental e tratamentos .....</b>	<b>57</b>
4.2.2	<b>Custo de produção da cultura do feijoeiro-comum na safra de inverno no Centro-Oeste .....</b>	<b>58</b>
4.2.3	<b>Determinação da receita bruta, líquida e retorno financeiro do feijoeiro-comum .....</b>	<b>58</b>
4.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	59
4.3.1	<b>Custo de produção por tratamento da safra 2013 .....</b>	<b>59</b>
4.3.2	<b>Custo de produção por tratamento da safra 2014 .....</b>	<b>63</b>
4.3.3	<b>Valores de significância do teste F .....</b>	<b>67</b>
4.3.4	<b>Avaliação do retorno financeiro dos tratamentos .....</b>	<b>68</b>
4.4	CONCLUSÕES .....	70
4.5	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	70
4.6	REFERÊNCIAS .....	71
	<b>APÊNDICE A .....</b>	<b>81</b>
	<b>APÊNDICE B .....</b>	<b>84</b>

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b>	Produção de grãos (PG) de feijão-comum pelos países maiores produtores, valores de exportação de grãos (EG), importação de grãos (IG) e participação no mercado de exportação (PME <sup>2</sup> ) por esses países em 2012 .....	16
<b>Tabela 2.</b>	Produção nacional, área plantada e produtividade por Estado e região brasileira, safra 2014/2015 .....	19
<b>Tabela 3.</b>	Atributos químicos do solo referente às áreas dos quatro experimentos .....	35
<b>Tabela 4.</b>	Atributos físicos do solo referente às áreas dos quatro experimentos .....	35
<b>Tabela 5.</b>	Valores e significância do teste F para os efeitos de Local (L), Tratamentos (T) e suas interações (L x T) sobre o estande (E- plantas m <sup>-1</sup> ), sobre o número de nódulos (NN- n° planta <sup>-1</sup> ), porcentual de nódulos na raiz principal (%NRP), número de folhas (NF- n° planta <sup>-1</sup> ), área foliar (AF- cm <sup>2</sup> planta <sup>-1</sup> ), massa seca planta aérea (MSPA- g planta <sup>-1</sup> ), massa seca da raiz (MSR- g planta <sup>-1</sup> ), número de vagem (NV- n° planta <sup>-1</sup> ), número de grãos (NG- n° planta <sup>-1</sup> ), massa seca de 100 grãos (M100G- g), produção de grãos (PG- kg ha <sup>-1</sup> ) e produção relativa de grãos em relação ao tratamento nitrogenado (PRGTN- %) e ao tratamento com rizóbio (PRGRt- %) .....	43
<b>Tabela 6.</b>	Número de nódulos (NN-n° planta <sup>-1</sup> ) e porcentagem de nódulos da raiz principal (%NRP) do feijoeiro-comum dentro de cada local e em função dos tratamentos <sup>1</sup> realizados em ensaios de campo conduzidos nos anos agrícolas 2013/14 e 2014/15 .....	44
<b>Tabela 7.</b>	Avaliação do estande de plantas (E- plantas m <sup>-1</sup> ), número de folhas (NF- n° planta <sup>-1</sup> ), área foliar (AF- cm <sup>2</sup> planta <sup>-1</sup> ), massa seca parte aérea (MSPA- g planta <sup>-1</sup> ) e massa seca da raiz (MSR- g planta <sup>-1</sup> ) do feijoeiro-comum dentro de cada local e em função dos tratamentos <sup>1</sup> realizados em ensaios de campo conduzidos nos anos agrícolas 2013/14 e 2014/15 .....	46
<b>Tabela 8.</b>	Avaliação do número de vagem (NV- n° planta <sup>-1</sup> ), número de grãos (NG- n° planta <sup>-1</sup> ), massa seca de 100 grãos (M100G- g planta <sup>-1</sup> ) e produção de grãos (PG- kg ha <sup>-1</sup> ) do feijoeiro-comum dentro de cada local e em função dos tratamentos <sup>1</sup> realizados em ensaios de campo conduzidos nos anos agrícolas 2013/14 e 2014/15 .....	48
<b>Tabela 9.</b>	Custo da produção (custeio de insumos, operações com máquinas, pré-plantio, plantio, condução da lavoura, colheita, mão-de-obra, transporte, irrigação, <i>Rhizobium tropici</i> e <i>Azospirillum brasilense</i> ) para cada tratamento <sup>1</sup> realizado na cultura do feijoeiro-comum, no Estado de Goiás (junho/2013) para a média de 2 locais de plantio (Embrapa – CNPAF/2013 e Itaberaí-GO/2013) .....	61

<b>Tabela 10.</b>	Custo da produção (CP), Receita Bruta (RB), Receita Líquida (RL) e Retorno Financeiro (RF) sobre sete tratamentos <sup>1</sup> realizados na média de dois locais de plantio no ano de 2013 (Embrapa – CNPAF e Itaberaí/GO)	62
<b>Tabela 11.</b>	Custo da produção (custeio de insumos, operações com máquinas, pré-plantio, plantio, condução da lavoura, colheita, mão-de-obra, transporte, irrigação, <i>Rhizobium tropici</i> e <i>Azospirillum brasilense</i> ) para cada tratamento <sup>1</sup> realizado na cultura do feijoeiro-comum, no Estado de Goiás (junho/2014) para a média de 2 locais de plantio (Goianésia-GO/2014 e Embrapa – CNPAF/2014)	65
<b>Tabela 12.</b>	Custo de produção (CP), Receita Bruta (RB), Receita Líquida (RL) e Retorno Financeiro (RF) sobre sete tratamentos realizados na média de dois locais de plantio no ano de 2014 (Goianésia/GO e Embrapa – CNPAF)	66
<b>Tabela 13.</b>	Valores e significância do teste F para os efeitos de Local (L), Fonte de N e suas interações (L x N) sobre a receita bruta (RB – R\$ ha <sup>-1</sup> ), receita líquida (RL – R\$ ha <sup>-1</sup> ) e retorno financeiro (R\$ R\$ <sup>-1</sup> )	67
<b>Tabela 14.</b>	Avaliação do efeito de local e tratamentos sobre aspectos da receita bruta (RB), receita líquida (RL) e retorno financeiro (RF) na cultura do feijoeiro-comum na média de quatro experimentos realizados (2013 e 2014)	69

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b>	Localização dos experimentos utilizados na condução dos ensaios de campo em Embrapa, safra 2013 (A), Itaberaí, safra 2013 (B), Goianésia, safra 2014 (C) e Embrapa, safra 2014 (D) .....	34
<b>Figura 2.</b>	Detalhes da implantação dos experimentos de campo na Embrapa–2013 (A) e em Goianésia-2014 (B) e visão geral da cultura do feijoeiro-comum aos 10 DAP na Embrapa–2013 (C) e aos 13 DAP em Goianésia-2014 (D) .....	36
<b>Figura 3.</b>	Detalhes da implantação dos experimentos de campo em Itaberaí–2013 (A) e na EMBRAPA-2014 (B) e visão geral da cultura do feijoeiro-comum aos 13 DAP em Itaberaí–2013 (C) e na fase fenológica V <sub>2</sub> /V <sub>3</sub> na EMBRAPA-2014 (D) .....	37
<b>Figura 4.</b>	Materiais utilizados na inoculação das sementes de feijoeiro-comum com <i>R. tropici</i> e <i>A. brasilense</i> .....	38
<b>Figura 5.</b>	Detalhe das 3 plantas de feijoeiro-comum apresentando nodulação, coletas na fase fenológica R <sub>6</sub> .....	40
<b>Figura 6.</b>	Visão geral da cultura do feijoeiro-comum na fase fenológica R <sub>9</sub> nas áreas experimentais da Embrapa–2013 (A), Itaberaí-2013 (B), Goianésia-2014 (C) e Embrapa–2014 (D) .....	41
<b>Figura 7.</b>	Produção relativa de grãos dos tratamentos em relação ao TN (PRGTN) e ao tratamento rizóbio (PRGRt) .....	49
<b>Figura 8.</b>	Produção relativa de grãos dos tratamentos em relação ao TN (PRGTN) e ao tratamento com rizóbio (PRGRt) em Santo Antônio de Goiás – 2013 (A), Itaberaí – 2013 (B), Goianésia – 2014 (C), Santo Antônio de Goiás – 2014 (D) .....	50

## RESUMO GERAL

SOUZA, J. E. B. **Co-inoculação de *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense* no feijoeiro-comum visando aumento de produtividade e redução de custo de produção.** 2015. 85 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Solo e Água) – Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, 2015.<sup>1</sup>

O feijoeiro-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) possui grande importância para a população brasileira, contribuindo com cerca de 25% da necessidade diária de proteína. No cenário agrícola do Centro-Oeste, o feijoeiro-comum está presente em variados sistemas de produção, desde aqueles de baixo uso de insumos até sistemas de alto rendimento e altamente tecnificado. Porém os custos de produção vêm aumentando, principalmente fertilizantes nitrogenados. Uma alternativa para diminuição dos custos é a utilização de bactérias capazes de realizar fixação biológica do nitrogênio (FBN), associados a bactérias promotoras do crescimento de plantas. O objetivo deste trabalho consistiu em avaliar o desempenho agrônomo e econômico do feijoeiro-comum co-inoculado com *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense*. Os experimentos foram conduzidos sob condição de campo por dois anos consecutivos em safra de inverno. A cultivar Pérola de feijoeiro-comum foi submetida aos seguintes tratamentos: T1-Tratamento controle (sem inoculação e adubação); T2- Testemunha nitrogenada com 20 kg ha<sup>-1</sup> no plantio e 60 kg ha<sup>-1</sup> na fase fenológica V<sub>2</sub>/V<sub>3</sub>; T3- Inoculação da semente com duas doses de *R. tropici* (SEMIA 4080); T4- Inoculação da semente com duas doses de *R. tropici* (SEMIA 4080) mais uma dose de *A. brasilense* (AbV-5); T5- Inoculação da semente com duas doses de *R. tropici* (SEMIA 4080) mais duas doses de *A. brasilense* (AbV-5); T6- Inoculação da semente com duas doses de *R. tropici* (SEMIA 4080), mais pulverização de duas doses de *A. brasilense* (AbV-5) na fase fenológica V<sub>2</sub>/V<sub>3</sub>; T7- Inoculação da semente com duas doses de *R. tropici* (SEMIA 4080), mais pulverização de três doses de *A. brasilense* (AbV-5) na fase fenológica V<sub>2</sub>/V<sub>3</sub>. Os tratamentos foram dispostos em delineamento de blocos ao acaso com 4 repetições. Na fase fenológica R<sub>6</sub> foram avaliados parâmetros de nodulação e de desenvolvimento da cultura. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. O tratamento T7 proporcionou um aumento significativo do número de nódulos, número de folhas, área foliar, massa seca da parte aérea e raiz, número de vagens e número de grãos e produção referente ao tratamento controle e dentre todos os tratamentos realizados em combinação de *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense* o de melhor performance. Para avaliação do custo da produção da cultura do feijoeiro-comum, foi utilizado as informações da Federação da Agricultura e Pecuária de Goiás (FAEG) para os anos 2013 e 2014. Para a média dos quatro experimentos realizados, o tratamento inoculação da semente com duas doses de *R. tropici* mais a pulverização após plantio com três doses de *A. brasilense* na fase fenológica V<sub>2</sub>/V<sub>3</sub> apresentou retorno médio financeiro de R\$3,58 para cada real investido, ou seja, um incremento de 358% sobre o investimento, sendo superior numericamente as médias dos demais tratamentos. A tecnologia da co-inoculação de *R. tropici* e *A. brasilense* é uma opção para o produtor para substituição parcial e ou total de fontes químicas nitrogenadas para a cultura do feijoeiro-comum.

*Palavras-chave:* Nitrogênio, *Phaseolus vulgaris* L., rhizobia, bactérias promotoras de crescimento de plantas.

<sup>1</sup>Orientador: Dr. Enderson Petrônio de Brito Ferreira. EA-UFG.

## GENERAL ABSTRACT

SOUZA, J. E. B. *Rhizobium tropici* and *Azospirillum brasilense* Co-inoculation in common bean aiming at productivity increasing and costs reduction. 2015. 85 f. Dissertation (Masters in Agronomy: Soil and Water) – Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015<sup>1</sup>.

The common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) has great importance for the Brazilian population, contributing to about 20-28 % of the daily protein necessity. In the Midwest agricultural scenario, the common bean is present in different production systems, from those of low use of supplies to the high-performance and highly intensive technified systems. However, the production costs have been increasing, especially nitrogen fertilizers. An alternative for cost reducing is the bacteria capable of performing biological nitrogen fixation (BNF), associated with the plant growth promoter bacteria. The objective of this study was to evaluate the common bean agronomic and economic performance co-inoculated with *Rhizobium tropici* and *Azospirillum brasilense*. The experiments were conducted under field conditions for two consecutive years in the winter crop. The Pérola crop of common bean was subjected to the following treatments: T1-treatment control (without inoculation and fertilization); T2- nitrogen Witness with 20 kg ha<sup>-1</sup> at planting and 60 kg ha<sup>-1</sup> in the V<sub>2</sub>/V<sub>3</sub> phenological stage; T3 Seed Inoculation with two doses of *R. tropici* (SEMIA 4080); T4 seed inoculation with two doses of *R. tropici* (SEMIA 4080) and another dose of *A. brasilense* (AbV-5); T5- seed inoculation with two doses of *R. tropici* (SEMIA 4080) two more doses of *A. brasilense* (AbV-5); T6- seed inoculation with two doses of *R. tropici* (SEMIA 4080), and pulverization of two doses of *A. brasilense* (AbV-5) in the V<sub>2</sub>/V<sub>3</sub> phenological stage; T7- seed inoculation with two doses of *R. tropici* (SEMIA 4080) and the pulverization of three doses of *A. brasilense* (AbV-5) in the V<sub>2</sub>/V<sub>3</sub> phenological stage. The treatments were arranged in randomized lineation blocks with four repetitions. In R<sub>6</sub> phenological stage, nodulation and development parameters of the crop were evaluated. Data were submitted to variance analysis and the average compared by the Scott-Knott test at 5% probability. The T7 treatment provided a significant increase in the number of nodes, number of leaves, leaf area, dry weight of shoot and root parts, number of pods and number of grains and production related to the control treatment and among the done treatments in combination of *R. tropici* and *A. brasilense* the best performance. For the evaluation of the common bean crop production cost, it was used information from the Federation of Agriculture and Livestock of Goiás (FAEG) for the years 2013 and 2014. For the average of the four experiments, the seed inoculation treatment with two doses of *R. Tropici* and the pulverization after planting with three doses of V<sub>2</sub>/V<sub>3</sub> phenological stage *A. brasilense* in the showed the average financial return of R\$ 3,58 for every R\$ 1,00 invested, that is, an increase of 358% on the investment, which is numerically higher than the average of the other treatments. The co-inoculation *R. tropici* and *A. brasilense* technology is an option for the producer for partial and / or total replacement of nitrogen chemical sources for the common bean crop.

Keywords: Nitrogen, *Phaseolus vulgaris* L., rhizobia, plant growth promoter bacteria.

---

<sup>1</sup>Adviser: Dr. Enderson Petrônio de Brito Ferreira EA-UFG.

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil é o maior produtor mundial de feijoeiro-comum (*Phaseolus vulgaris* L.), sendo este a principal fonte de proteína vegetal para milhões de consumidores pobres, contribuindo com 20% a 28% das proteínas ingeridas pela população brasileira (Hungria et al., 1997). O feijoeiro-comum faz parte da maioria dos sistemas de produção dos pequenos e médios produtores rurais, assim como, de sistemas produtivos de alto rendimento e altamente tecnificados, conduzidos em agricultura empresarial, notadamente na 3ª safra e na região Centro-Oeste, Minas Gerais e sudoeste da Bahia. Considerando todas estas características, a região Centro-Oeste é a que apresenta a maior diversidade de sistemas de produção de feijoeiro-comum, uma vez que nesta a cultura é conduzida nas três safras “águas, seca e inverno”, abrangendo desde a agricultura familiar de subsistência até a agricultura empresarial.

Na safra 2014/15 foi cultivada uma área total de 100,9 mil hectares de feijoeiro-comum em Goiás, levando o estado à quinta posição no ranking nacional com uma produção de 240,1 mil toneladas e ao primeiro lugar em produtividade por hectare com 2.380 kg<sup>-1</sup> (Conab, 2015). O bom desempenho é resultado das modernas práticas adotadas por produtores especializados que utilizam colheitas mecanizadas, sementes selecionadas e sistema de irrigação, aumentando significativamente a produtividade do grão, principalmente na terceira safra. Considerando as três safras do produto, em 2013/14, foram colhidas no Estado de Goiás um total de 263,4 mil toneladas de feijoeiro-comum, representando uma média de 2.434 kg ha<sup>-1</sup>. Isso resultou em uma diminuição de 2,3% em relação à safra 2014/15 e de 7,9% em relação ao período anterior (Conab, 2015). Esta diminuição ocorreu devido à comercialização instável com riscos climáticos à cultura e a concorrência de culturas como soja e milho, que diminuíram em 8,0% a área plantada na primeira safra de 2014/15 do feijoeiro-comum no Estado de Goiás (Conab, 2015).

Apesar do aumento da média da produção do Brasil, o custo de produção da cultura é muito elevado, principalmente em função do uso de fertilizantes nitrogenados. Além disso, o uso destes insumos tem sido relacionado a problemas ambientais, tais como:

contaminação do lençol freático (Elmi et al., 2004) e aumento da emissão de gases do efeito estufa (Kim & Dale, 2008), entre outros. Uma alternativa viável ao uso destes fertilizantes para a redução dos custos de produção e de problemas ambientais é a fixação biológica de nitrogênio (FBN), que consiste na inoculação das sementes com bactérias capazes de reduzir o N atmosférico a amônio (Hungria et al., 2000).

Os estudos com FBN no feijoeiro-comum no Brasil tiveram início na década de 60 (Döbereiner & Ruschel, 1961; Franco & Döbereiner, 1967). Naquele período, muitos trabalhos conduzidos no País indicavam pequenas respostas à inoculação com rizóbio em condições de campo, as quais, desde então, vem sendo associadas a vários fatores, como: variabilidade de resposta de diferentes cultivares à inoculação (Döbereiner & Ruschel, 1961; Peres et al., 1994), ciclo curto da cultura (Barradas et al., 1989; Boddey et al., 1996), sensibilidade do inoculante e da própria simbiose a temperaturas elevadas e baixa umidade do solo (Peres et al., 1994; Hungria & Vargas, 2000) e presença nos solos brasileiros de elevada população nativa de estirpes de rizóbio capazes de nodular o feijoeiro-comum (Vargas et al., 2000). Entretanto, grandes avanços estão sendo obtidos com a seleção e inoculação de novas estirpes de *Rhizobium tropici*, que são geneticamente estáveis e mais tolerantes a estresses ambientais, como alta temperatura e acidez do solo (Hungria et al., 2000; Mostasso et al., 2002; Hungria et al., 2003; Pinto et al., 2007), o que tem resultado em aumentos da produtividade da cultura sob inoculação.

Por outro lado, o feijoeiro-comum também pode se beneficiar de sua associação com bactérias capazes de promover seu crescimento através de outros mecanismos, como a produção de fitormônios. Bactérias do gênero *Azospirillum* são capazes de produzir ácido indol-3-acético (AIA), uma auxina que atua no alongamento celular. Dessa forma, a planta tem o desenvolvimento de raízes e parte aérea estimulado, melhorando o desempenho da cultura e, possivelmente, reduzindo possíveis impactos ambientais. Contudo, existem muito poucos estudos já realizados sobre a atuação de bactérias do gênero *Azospirillum* e sua interação com *Rhizobium tropici*, bactérias fixadoras de nitrogênio (N), na cultura do feijoeiro-comum, especialmente em se tratando de estudos desenvolvidos em condições de campo, os quais são imprescindíveis para o registro de estirpes como inoculante no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento-MAPA.

Portanto, o emprego de tecnologias e/ou produtos capazes de proporcionar aumento da produtividade do feijoeiro-comum e a redução do impacto ambiental constitui-se em ações estratégicas para a sustentabilidade da cultura. Para tanto é necessário a

avaliação a campo de inoculante com bactérias no sistema de co-inoculação sejam capazes de promover respostas fisiológicas nas plantas que proporcione melhor desenvolvimento da cultura e a absorção de nutrientes, permitindo redução do uso destes, especialmente do N.

Assim, o objetivo do trabalho foi avaliar a interação da inoculação e co-inoculação com *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense* nos parâmetros de nodulação, crescimento e produtividade assim como determinar a viabilidade econômica na cultura do feijoeiro-comum conduzido na safra de inverno no Estado de Goiás.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 O FEIJOEIRO-COMUM NO MUNDO E NO BRASIL

Os maiores produtores mundiais de feijão-comum no ano de 2012 foram Myanmar, Índia, Brasil, China, México, Tanzânia, Estados Unidos, Quênia, Uganda e Ruanda, que juntos foram responsáveis por cerca de 72% da produção mundial (FAO, 2015). Os principais países exportadores do produto são Myanmar, China, EUA, Canadá e Argentina, que juntos são responsáveis por 73,5% do total exportado. Myanmar e Canadá estão com suas exportações em franca ascensão. Os principais países importadores do produto são Índia, EUA, Cuba, Japão e Reino Unido (Tabela 1).

**Tabela 1.** Produção de grãos (PG) de feijão-comum pelos países maiores produtores, valores de exportação de grãos (EG), importação de grãos (IG) e participação no mercado de exportação (PME<sup>2</sup>) por esses países em 2012

País	PG <sup>1</sup>	EG <sup>1</sup>	IG <sup>1</sup>	PME <sup>2</sup>
Myanmar	3.530.000	1.285.000	108	30,10
Índia	4.890.000	2.162	788.811	0,05
Brasil	3.158.905	37.668	311.909	0,88
China	1.330.000	944.106	80.407	22,12
México	1.156.251	16.879	235.687	0,40
Tanzânia	867.530	16.210	1.387	0,38
Estados Unidos	1.442.470	487.800	167.542	11,43
Quênia	390.598	12.600	49.044	0,30
Uganda	463.000	24.494	49	0,57
Ruanda	327.497	2.398	2.583	0,06
Resto do mundo	6.259.872	1.439.621	1.861.934	33,72
<b>Total Mundial</b>	<b>23.816.123</b>	<b>4.268.938</b>	<b>3.499.461</b>	<b>100,00</b>

<sup>1</sup> valores em toneladas; <sup>2</sup> percentual (%).

Fonte: Adaptado de Faostat (2015).

Entre os grandes importadores apenas os EUA apresentam tendência definida, que é de aumento das importações. O Brasil importa feijão, principalmente da Argentina, e começa a exportar para alguns países, como EUA e África do Sul (FAO, 2015).

O feijoeiro-comum (*Phaseolus vulgaris*, L.) é uma das principais culturas produzidas no Brasil e no mundo. Sua importância extrapola o aspecto econômico, por ser excelente fonte de proteínas, carboidratos, vitaminas, minerais, fibras e compostos fenólicos que podem reduzir a incidência de doenças. Além disso, apresenta grande importância cultural na culinária de diversos países, sendo um dos principais alimentos consumidos no Brasil e no mundo (Dalchiavon et al., 2011; Barbosa & Gonzaga, 2012).

Fundamental para a segurança alimentar e nutricional brasileira, sobretudo para classes mais carentes da população, no ano de 2012 o consumo *per capita* de feijão-comum foi da ordem de 14,94 kg/habitante/ano. Diversos aspectos culturais determinam grandes variações regionais quanto ao gosto e preferência por tipos de grãos consumidos (DERAL, 2013).

O plantio do feijoeiro-comum é realizado ao longo do ano no Brasil, sendo concentrado em três épocas ou safras, sendo a 1ª safra ou “safra das águas”, semeada geralmente entre agosto e outubro, podendo se estender até novembro e dezembro e colhida a partir de novembro até março, com maior intensidade em dezembro. A 2ª safra ou “safra da seca” ou “safrinha”, é semeada entre janeiro e abril e colhida de abril-maio até junho-julho. Na 3ª safra também é conhecida como “safra de outono-inverno” e “safra irrigada”, a semeadura é feita a partir de maio, com a colheita entre agosto e outubro (Barbosa & Gonzaga, 2012). Isso ocorre em função das características regionais, da diversidade climática e das características da cultura do feijoeiro-comum, contribuindo para manutenção da oferta e reduzindo as oscilações dos preços (Barbosa & Gonzaga, 2012).

O feijoeiro-comum é produzido em todos os Estados da Federação (Tabela 2), tendo como principais produtores na safra 2014/15 os estados do Paraná, Minas Gerais, Mato Grosso, Bahia e Goiás (Conab, 2015). O cultivo desta leguminosa é realizado em três safras.

Entre os diversos tipos de grãos do feijoeiro-comum, merece destaque o tipo carioca, que representa 70% do mercado consumidor brasileiro (Del Peloso & Melo, 2005).

O plantio do feijoeiro-comum é realizado no sistema solteiro ou consorciado com outras culturas. Apesar de ser considerada uma cultura de subsistência em pequenas propriedades, nos últimos 25 anos houve um crescente interesse de produtores que utilizam tecnologias avançadas, incluindo irrigação, manejo fitossanitário e colheita mecanizada.

A grande dispersão da produção por todo o Brasil tem dificultado a organização da cadeia produtiva, especialmente em regiões onde predominam propriedades menores (Barbosa & Gonzaga, 2012. Deral, 2013).

**Tabela 2.** Produção nacional, área plantada e produtividade por Estado e região brasileira, safra 2014/2015

Região/UF	Produção (t)			Área plantada (ha)			Produtividade (kg/ha)			Produção total (ton.) 2014/15
	1ª safra	2ª safra	3ª safra	1ª safra	2ª safra	3ª safra	1ª safra	2ª safra	3ª safra	
<b>Brasil</b>	<b>1.132,10</b>	<b>1.227.000</b>	<b>792.400</b>	<b>1.052.100</b>	<b>1.321.500</b>	<b>603.900</b>	<b>1.076</b>	<b>929</b>	<b>1.312</b>	<b>3.151.200</b>
<b>Norte</b>	<b>3.400</b>	<b>40.100</b>	<b>31.000</b>	<b>4.800</b>	<b>50.600</b>	<b>42.200</b>	<b>707</b>	<b>793</b>	<b>736</b>	<b>74.500</b>
PA	-	-	28.700	-	-	40.300	0	622	713	28.700
TO	3.400	13.200	2.300	3.806	15.300	1.900	707	864	1,215	18.900
RO	0	14.500	-	27.097	19.100	-	0	761	-	14.500
<b>Nordeste</b>	<b>223.800</b>	<b>135.500</b>	<b>249.500</b>	<b>484.500</b>	<b>660.000</b>	<b>363.800</b>	<b>462</b>	<b>205</b>	<b>686</b>	<b>608.900</b>
BA	130.700	0	179.000	234.600	0	248.300	557	0	721	309.700
MA	17.900	26.200	-	38.600	46.900	-	464	559	-	44.100
PI	75.200	2.500	-	211.300	2.100	-	356	817	-	76.800
<b>Centro-Oeste</b>	<b>149.600</b>	<b>380.900</b>	<b>265.700</b>	<b>74.900</b>	<b>229.100</b>	<b>96.300</b>	<b>1.997</b>	<b>1.663</b>	<b>2.758</b>	<b>796.100</b>
GO	107.600	25.800	106.700	51.300	13.200	36.400	2.098	1.957	2.930	240.100
MT	17.000	328.100	154.300	10.800	199.200	58.300	1.570	1.647	2.646	490.300
DF	23.600	1.400	4.100	12.100	700	1.200	1.949	2.000	3.428	29.100
MS	1.400	25.600	600	700	16.000	400	2.000	1.600	1.380	27.600
<b>Sudeste</b>	<b>267.500</b>	<b>207.400</b>	<b>240.100</b>	<b>207.000</b>	<b>131.400</b>	<b>96.400</b>	<b>1.292</b>	<b>1.578</b>	<b>2.490</b>	<b>714.800</b>
MG	164.400	161.700	201.000	159.100	106.400	80.400	1.033	1.520	2.500	527.100
SP	98.600	35.300	39.100	44.316	15.600	16.000	2.331	2.261	2.441	172.900
ES	3.700	9.400	-	4.700	8.400	-	0,814	1.120	-	13.100
RJ	800	1.000	-	900	1.000	-	843	950	-	1.700
<b>Sul</b>	<b>487.800</b>	<b>463.100</b>	<b>6.100</b>	<b>280.900</b>	<b>250.400</b>	<b>5.200</b>	<b>1.737</b>	<b>1.475</b>	<b>1.173</b>	<b>956.900</b>
PR	328.900	392.100	6.100	192.700	209.900	5.200	1.707	1868	1.173	727.100
SC	102.800	36.400	-	52.700	20.200	-	1.950	1.800	-	139.100
RS	56.100	34.600	-	35.500	20.300	-	1.580	1.703	-	90.700

Fonte: Adaptado de IBGE (2015).

A cadeia produtiva do feijoeiro-comum tem como principal componente o pequeno produtor, uma vez que cerca de 60% do feijão produzido no Brasil é oriundo de pequenas propriedades. Devido à descapitalização do pequeno produtor observa-se uma dificuldade de acesso a insumos industrializados, como os fertilizantes nitrogenados, principalmente em função de elevar o custo de produção. Em 2008 esse fato foi agravado com a contínua elevação do preço do petróleo no mercado internacional (Ferreira & Didonet, 2008).

A produtividade média de feijoeiro-comum no País é relativamente baixa, sendo apenas de 1.058 kg ha<sup>-1</sup> na safra 2014/15, considerando os cultivos de primeira, segunda e terceira safras (Conab, 2015). Os baixos rendimentos demonstram o baixo nível tecnológico empregado pelos produtores, assim como o cultivo em solos com baixa fertilidade, especialmente pobres em nitrogênio (Pelegri et al., 2009; Veronezi, 2012).

## 2.2 MORFOLOGIA DO FEIJOEIRO-COMUM

O *Phaseolus vulgaris* L. possui características morfológicas definidas por uma raiz principal da qual se desenvolvem, lateralmente, raízes secundárias, terciárias, etc. Concentra-se na base do caule, quase na superfície do solo. O caule é herbáceo, formado por uma sucessão de nós e entrenós, onde estão inseridos, no primeiro nó, os cotilédones; no segundo, as folhas primárias; e, a partir do terceiro, as folhas trifoliadas ou definitivas.

Possuem crescimento determinado e indeterminado e apresentam pilosidade e coloração (pigmentação) (Silva, 2003; Silva 2006). O caule possui crescimento determinado ou indeterminado; o determinado caracteriza-se por caule e os ramos laterais cessarem o crescimento e terminarem em flores, enquanto o indeterminado, por apresentar o crescimento contínuo e as flores serem somente laterais, junto as folhas. O crescimento do caule determina os principais tipos de planta do feijoeiro-comum: arbustivo, prostrado e trepador.

Os hábitos de crescimento são agrupados e caracterizados em quatro tipos principais: Tipo I – hábito de crescimento determinado, arbustivo e porte da planta ereto; Tipo II – hábito de crescimento indeterminado, arbustivo, porte da planta ereto e caule pouco ramificado; Tipo III – hábito de crescimento indeterminado, prostrado ou semi-prostrado, com ramificação bem desenvolvida e aberta e Tipo IV – hábito de crescimento

indeterminado, trepador, caule com forte dominância apical e número reduzido de ramos laterais, pouco desenvolvidos (Silva et al., 2003).

O ciclo da cultura está relacionado com o hábito de crescimento, tendo as cultivares do Tipo I o ciclo mais curto, variando de 60 a 70 dias do plantio à colheita. As cultivares dos Tipos II e III apresentam ciclos intermediários, durando cerca de 80 a 100 dias do plantio à colheita, de acordo com a cultivar e com as condições ambientais e as do Tipo IV o ciclo mais longo, com mais de 100 dias do plantio à colheita (Araújo & Hungria, 1994).

O ciclo do feijoeiro-comum é dividido em duas fases, a vegetativa (V) e a reprodutiva (R), cada uma com cinco etapas: V<sub>0</sub> - germinação; V<sub>1</sub> - emergência; V<sub>2</sub> - folhas primárias; V<sub>3</sub> - primeira folha trifoliolada; V<sub>4</sub> - terceira folha trifoliolada; R<sub>5</sub> - pré-floração; R<sub>6</sub> - floração; R<sub>7</sub> - formação das vagens; R<sub>8</sub> - enchimento de vagens; R<sub>9</sub> - maturação. A duração dessas etapas é afetada pelo hábito de crescimento, genótipo, clima e solo (Mariot, 1989).

As folhas são simples e opostas, características das folhas primárias da plântula. E compostas, constituídas de três folíolos (um central, simétrico e dois laterais, opostos e assimétricos) e alternas, características das folhas definitivas; pecíolo alongado, com pulvino na base, e duas estípulas triangulares; cor e pilosidade variam de acordo com vários fatores. As flores estão dispostas em inflorescências recemosas, auxiliares e terminais, constituídas de um eixo composto de pedúnculo e ráquis, brácteas e botões florais agrupados em complexos axilares inseridos no ráquis; flor papilionácea, bilateral, cálice gamossépalo, campanulado, com duas bractéolas na base, de tamanho igual ou maior que as sépalas; corola com cinco pétalas dialipétalas, uma mais externa e maior o estandarte, duas laterais menores e estreitas, as asas, e duas inferiores, fusionadas, enroladas em espirais e envolvendo os órgãos reprodutores, a quilha; androceu com estames diadelfos, sendo nove soldados na base e um livre, vexilar; gineceu com ovário súpero, comprimido, unilocular e pluriovulado, estilete encurvado e estigma lateral (Silva et al., 2003).

As flores podem apresentar cor branca, rósea ou violeta, distribuída uniformemente por toda a corola, ou ser bicolor, isto é, possuir corola com estandarte e asas com coloração ou tonalidades diferentes. O fruto é um legume deiscente, com duas valvas unidas por duas suturas, uma dorsal e outra ventral, cuja forma pode ser reta, arqueada ou recurvada, e o ápice abrupto ou afilado. A cor é característica da cultivar, podendo estar uniformemente distribuída ou não, e variar de acordo com o grau de maturação, podendo ser verde, com estrias vermelhas ou violetas, vermelha, roxa, amarela, amarela com estrias

vermelhas ou roxas, e até marrom. A semente é exalbuminosa, originada de um óvulo campilótopo, constituída de um tegumento ou testa, hilo, micrópila e rafe e, internamente, de um embrião formado pela plúmula, duas folhas primárias, hipocótilo, dois cotilédones e radícula. Pode ter várias formas: arredondada, elíptica, reniforme ou oblonga e tamanhos que variam de muito pequenas (< 20 g) a grandes (> 40 g/100 sementes). Apresenta ampla variabilidade de cores, variando do preto, bege, roxo, róseo, vermelho, marrom, amarelo, até o branco, podendo o tegumento ter uma cor uniforme (cor primária), ou duas, uma primária e uma cor secundária, expressa em forma de estrias, manchas ou pontuações (Silva et al., 2003).

### 2.3 IMPORTÂNCIA DO NITROGÊNIO NO FEIJOEIRO-COMUM

A pesquisa vem realizando incrementos expressivos na cultura do feijoeiro-comum, projetando crescimentos na produtividade, a partir dos dados provenientes dos produtores que utilizam as tecnologias já disponíveis, é possível atingir produtividades médias de 3,2 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> em lavouras de sequeiro e 4,5 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> em lavouras irrigadas (Cobucci & Wruck, 2005).

Entre os principais fatores limitantes para a produção da cultura do feijoeiro-comum no Brasil, podemos destacar como o baixo nível técnico utilizado pelos produtores e a utilização de solos de baixa fertilidade, especialmente pobres em nitrogênio (Mercante et al., 1999; Pelegrin et al., 2009), o Brasil importa cerca de 75% do total de fertilizantes nitrogenados utilizados na agricultura (Anda, 2014).

A planta do feijoeiro-comum pode obter o nitrogênio ao seu crescimento a partir de quatro formas: 1) o solo, principalmente pela decomposição da matéria orgânica; 2) a fixação não-biológica, resultante de descargas elétricas, combustão e vulcanismo; 3) os fertilizantes nitrogenados; 4) fixação biológica do nitrogênio atmosférico (N<sub>2</sub>) (Hungria et al., 2007).

O nitrogênio é um dos nutrientes mais absorvidos pelo feijoeiro-comum, durante todo o ciclo da cultura. Porém, a época de maior exigência (velocidade de absorção máxima) ocorre entre os 35 e 50 dias da emergência da planta, coincidindo com o período do florescimento, neste período o feijoeiro-comum absorve de 2,0 a 2,5 kg ha<sup>-1</sup> de N por dia (Rosolem et al., 1994). O nitrogênio aplicado em condições de equilíbrio aos demais nutrientes, promove crescimento rápido, aumento das folhagens e do teor de proteína na

semente, assim como o teor de matéria seca e alimenta os micro-organismos do solo, que decompõem a matéria orgânica.

Porém ao ser aplicado em desequilíbrio com demais nutrientes, podem ocorrer o atraso do florescimento, maturação e predispor a planta ao ataque de doenças (Kaneko et al., 2010; Malavolta, 1989). Contudo, o adubo nitrogenado tem alto custo energético para sua obtenção, e o seu manejo representa uma das principais dificuldades da cultura do feijoeiro-comum (Souza et al., 2011).

Existe o custo ecológico adicional devido a perdas de adubos nitrogenados em solos de clima tropical. São consideradas perdas em torno de 50% dos adubos nitrogenados aplicados, sendo ocasionado pela lixiviação, na forma de nitrato e escoamento superficial, provocado pela água das chuvas e, ou, irrigação (Pelegrin, et al., 2009). O nitrogênio é altamente poluente e, uma vez contaminando o lençol freático, provoca a contaminação dos aquíferos subterrâneos, rios e lagos. Outras perdas ocorrem através da forma gasosa, retornando para a atmosfera via processo de desnitrificação e volatilização (Straliotto et al., 2002; Pelegrin et al., 2009).

## 2.4 FIXAÇÃO BIOLÓGICA DE NITROGÊNIO NO FEIJOEIRO-COMUM

O feijoeiro-comum é uma fabácea nodulífera, que possui a capacidade de realizar a simbiose mutualista com determinadas espécies de bactérias da família Rhizobiacea, beneficiando-se do nitrogênio atmosférico fixado pelo processo de fixação biológica do nitrogênio (FBN). O feijoeiro-comum desenvolve associação simbiótica via raízes com a bactéria *Rhizobium tropici*. A presença da bactéria via solo ou inoculação ao reconhecer a infecção à raiz da planta hospedeira, provoca a formação de nódulos, onde ocorre a fixação do N<sub>2</sub>. Após a iniciação do nódulo, o *Rhizobium* transforma-se em bacterióide que multiplica e começa a sintetizar a nitrogenase, a enzima responsável pela redução no N<sub>2</sub> iniciando-se a fixação (Hungria et al., 1997; Araújo et al., 2007).

Contudo, alguns autores afirmam que em condições adequadas de solo e temperatura, o N<sub>2</sub> atmosférico, fixado por meio da simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium*, atende apenas parcialmente as necessidades do feijoeiro-comum (Pelegrin et al., 2009; Souza et al., 2011). Alguns fatores, como: ciclo da cultura, tempo de resposta a nodulação, condições ambientais adequadas, acidez do solo, pH baixo e concentrações elevadas de Al tóxico (Matoso & Kusdra, 2014; Pelegrin et al., 2009) podem estar

envolvidos nessa baixa resposta do feijoeiro-comum à FBN. Assim a adubação nitrogenada deverá ser complementada, para busca de produtividades de grãos elevados (Souza et al., 2011).

Araújo et al. (1996) descreveram os benefícios da simbiose na cultura do feijoeiro-comum que inicia-se entre os 15 e 20 dias. E Andraus (2014) em avaliação de campo com 10 cultivares de ciclos precoce e semi-precoce, comparadas a outras 10 cultivares de ciclos médio e tardio, reportou que as cultivares de ciclos normal e tardio apresentaram atividade nodular até a fase fenológica R<sub>6</sub>, enquanto as cultivares de ciclos precoce e semi-precoce apresentaram atividade nodular até R<sub>7</sub>, representando um total de 3 dias a mais de atividade nodular nas cultivares de ciclo precoce e semi-precoce.

Por décadas, o Brasil desenvolve pesquisas com fixação biológica de nitrogênio (FBN) na cultura do feijoeiro-comum. Como exemplo, a Embrapa Soja, Embrapa Cerrado e o Instituto Agrônômico do Paraná, iniciaram o trabalho de seleção de rizóbios para a cultura do feijoeiro-comum, qualificando processos e métodos em busca de uma bactéria geneticamente estável, tendo maior eficiência e tolerância a solos e temperatura. A primeira estirpe a ser lançada foi a SEMIA 4080, pertencente à espécie *Rhizobium tropici* e recentemente reclassificado como *Rhizobium fleirei*. Ensaio realizados em campo, mostraram ganhos no rendimento de grãos de até 906 kg ha<sup>-1</sup> em relação à população nativa de rizóbio. No ano de 1998 o Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento autorizou o uso comercial dessa estirpe no Brasil (Hungria et al., 2013; Chueire et al., 2013). Em uma segunda etapa de pesquisa foi selecionada a estirpe SEMIA 4088, a qual teve sua comercialização autorizada pelo MAPA em 2004, por ter apresentado em seis ensaios de campo o incremento de produção de grãos de 437 kg ha<sup>-1</sup> (Hungria et al., 2013).

Em 2009 o Brasil assumiu o compromisso de reduzir emissões de gases de efeito estufa (GEE) na conferência das Partes (COP-15) e reafirmada em 2010 na COP-16 realizado no México. Para que o Brasil possa cumprir as metas foi criado o Plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono) e, dentre as metas estabelecidas, está a adoção das práticas agrícolas introduzindo a fixação biológica do nitrogênio (FBN) com objetivo do aumento da área em 5,5 milhões de hectares com um potencial de mitigação de 10 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> (Hungria et al., 2013).

Conforme Hungria (2013), as estimativas da Food and Agriculture Organization (FAO) e da Associação Nacional para Difusão de Adubos (ANDA), o consumo médio de adubos nitrogenados na cultura do feijoeiro-comum é de 25 kg ha<sup>-1</sup>. Não existem dados sobre

a emissão de GEE relacionados a inoculantes contendo rizóbios. Porém o consultor Leonel Neves do Canto e Melo descreve que 1 litro de inoculante é igual a  $8,76 \times 10^{-5}$  t de CO<sub>2</sub>, ou 1 dose de 100 ml de inoculante a base de rizóbio equivaleria a  $8,76 \times 10^{-9}$  kg de e-CO<sub>2</sub>.

Tendo a consideração de que 1 kg de N-fertilizante tem a emissão de GEE de 4,5 kg de e-CO<sub>2</sub>, poderia ocorrer a redução de 367.000 toneladas de e-CO<sub>2</sub> na safra 2011/12, quando foram utilizadas 81,5 mil toneladas de N em uma área total plantada de 3,26 milhões de ha<sup>-1</sup> de feijoeiro-comum (Hungria, 2013). Contudo, Barbosa Filho (2000) cita que as pesquisas realizadas pela Embrapa recomendam a utilização de fertilizantes nitrogenados de 60 a 150 kg ha<sup>-1</sup>, dependendo da época de plantio, quantidade e tipo de resíduo deixado na superfície do solo pela cultura anterior e da expectativa da produtividade de grãos, com isso a utilização de 25 kg ha<sup>-1</sup>, assim considerado conservador por Hungria (2013) os valores de redução poderiam chegar a 1 milhão de toneladas de e-CO<sub>2</sub>.

As bactérias são aplicadas na cultura do feijoeiro-comum através de um veículo apropriado, com altas concentrações. Dentre os veículos utilizados no Brasil, destacam-se a turfa (substrato rico em matéria orgânica) e formulações líquidas (turfas líquidas e géis). Conforme a legislação brasileira atual, o produto inoculante deve conter no mínimo 1 bilhão de células de bactérias fixadoras de nitrogênio vivas por cada g ou ml de inoculante (Brasil, 2011).

A recomendação atual da pesquisa é a utilização mínima de 1,2 milhões de células viáveis por semente. No caso de inoculantes líquidos devem ser aplicados ao menos 100 ml de inoculantes para cada 50 kg de sementes, devido à baixa qualidade de uniformização. No caso de inoculantes turfosos, recomenda-se a adição de um aderente, podendo ser uma solução açucarada a 10% (100 g de açúcar em 1 l de água). Após a inoculação as sementes devem ser mantidas à sombra por no máximo 24 horas até o momento do plantio (Hungria et al., 2013).

## 2.5 BACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRECIMENTO DE PLANTAS

Didonet et al. (1996), apresentaram muitas evidências de que a inoculação de sementes de milho com *Azospirillum brasilense* é responsável pelo aumento da taxa de acúmulo da matéria seca, principalmente na presença de elevadas dosagens de nitrogênio, estando relacionado com o aumento da atividade de enzimas fotossintéticas e de assimilação de nitrogênio.

Baseados em dados acumulados durante 22 anos de pesquisa com inoculação a campo, concluem que o gênero *Azospirillum spp.* promove ganhos em rendimentos em importantes culturas em variadas condições de clima e solo, sendo que os ganhos com *Azospirillum spp.* vão além do simples auxílio na fixação biológica de nitrogênio, auxiliando no aumento da superfície de absorção das raízes da planta e, conseqüentemente, um aumento da superfície de absorção das raízes da planta, assim um volume de substrato do solo explorado. As informações são justificadas pelo fato da inoculação modificar a morfologia do sistema radicular, aumentando o número de radículas, assim como o diâmetro das raízes laterais e adventícias, parcialmente realizado pela produção de substâncias promotoras de crescimento, entre elas a auxinas, giberilinas e citocininas, e não somente pela fixação biológica do nitrogênio (Cavalleti et al., 2000).

Há um aumento do interesse na utilização de inoculantes com bactérias promotoras de crescimento, principalmente com o aumento dos custos dos fertilizantes químicos e, pela poluição recorrente dos fertilizantes nitrogenados. Conforme a necessidade da substituição parcial (50%) do fertilizante nitrogenado para a cultura do milho e trigo, para o milho haverá a redução de 52 kg de N ha<sup>-1</sup> em 14,1 milhões de hectares; e para o trigo haverá uma redução de 35 kg de N ha<sup>-1</sup> em 2,4 milhões de hectares, assim com a utilização das estirpes de *Azospirillum spp.* ocorreria uma economia estimada de US\$1,2 bilhões ano<sup>-1</sup> ao Brasil (Hungria et al., 2010).

As bactérias pertencentes ao gênero *Azospirillum spp.* são do grupo diazotrofo endofítico facultativo, onde podem colonizar tanto a rizosfera como o interior das raízes de gramíneas forrageiras e cereais (Döbereiner & Baldani, 1982). As estirpes tem sido encontradas em associação com plantas monocotiledôneas, como arroz, cana-de-açúcar, milho, sorgo e gramíneas forrageiras, porém há informações de associações com dicotiledôneas (Marin et al., 1999). O gênero *Azospirillum spp.* abrange um grupo de bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCP) de vida livre encontrado na maioria dos solos, possuindo o complexo de dinitrogenase realizam a conversão do N<sub>2</sub> da atmosfera em amônia, porém, excretam somente uma parte do nitrogênio fixado diretamente para a planta associada, posteriormente, a mineralização das bactérias suprem parcialmente as necessidades das plantas (Hungria, 2011).

Na literatura existem trabalhos confirmando outros benefícios que o *Azospirillum spp.* traz como, a produção de fitormônios que estimulam o crescimento das

raízes de diversas espécies de plantas, como exemplo estímulo do crescimento de raízes pela produção do ácido indol-acético (AIA), giberilinas e citocininas (Hungria, 2011).

Um maior desenvolvimento das raízes pela inoculação com *Azospirillum spp.* podem promover incrementos na absorção da água e minerais, maior tolerância a estresses de salinidade e seca, promovendo uma planta vigorosa e produtiva, maior tolerância a agentes patogênicos de plantas (Correa et al., 2008; Hungria, 2011).

Segundo Hungria (2011), trabalhos realizados mostram melhorias em parâmetros fotossintéticos das folhas, incluindo teor de clorofila, condutância estomática, maior teor de prolina na parte aérea e raízes, melhoria no potencial hídrico, incremento no teor de água do apoplasto, maior elasticidade da parede celular, maior produção de biomassa, maior altura de plantas. Relatam também o incremento em vários pigmentos fotossintéticos, tais como clorofila a, b e pigmentos fotoprotetivos auxiliares, como violaxantina, zeaxantina, aeroxantina, luteína, neoxantina e beta-caroteno, que resultariam em plantas mais verdes e sem estresse hídrico. Os trabalhos demonstram ainda maior produção de raízes e altura maior das plantas com a inoculação com *Azospirillum spp.*

O feijoeiro-comum, como leguminosa, possui propriedades para fixar o nitrogênio da atmosfera em simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium*, contribuindo para a redução do uso de fertilizantes nitrogenados, porém a disponibilidade de bactérias *Rhizobium*, não suprem a necessidade total de nitrogênio das plantas do feijoeiro-comum (Pelegri et al., 2009).

Gitti et al. (2012) descrevem que a estirpe *A. brasilense* ao liberar fitormônios, induzem o aumento da nodulação, crescimento de raízes e plantas, formação de raízes secundárias e terciárias, auxiliando assim na absorção de água e nutrientes pela planta e combinada com estirpes de *R. tropici*, ocorrem o aumento da produção de grãos.

## 2.6 CO-INOCULAÇÃO DE *Rhizobium tropici* E *Azospirillum brasilense*

Bactérias promotoras do crescimento de plantas (BPCP) promovem o crescimento das plantas de duas maneiras diferentes: o primeiro deles afetam diretamente o metabolismo das plantas, proporcionando substâncias que normalmente são escassas, estas bactérias são capazes de fixar o nitrogênio atmosférico, de solubilização fósforo e ferro, e da produção de hormônios vegetais, tais como auxinas, giberelinas, citocininas e etileno. Além disso, eles melhoram a tolerância da planta ao estresse, como a seca, alta salinidade, a

toxicidade do metal e carga de pesticidas. Um ou mais mecanismos podem contribuir para os aumentos obtidos no crescimento e desenvolvimento das plantas que estão acima do normal para as plantas cultivadas sob condições de cultivo padrão (Bashan, 2005).

As interações biológicas das bactérias *Rhizobium* e *Bradyrhizobium* no solo apresentam impactos econômicos óbvios, são consequências do aumento da nodulação e maior crescimento experimentado por forrageiras e leguminosas em resposta à interação positiva entre bactérias simbióticas e diazotróficas, especialmente as pertencentes ao gênero *Azospirillum spp.* As combinações de bactérias aplicadas em sementes resultaram em aumento da produção da planta, que diretamente associado ao aumento da fixação de N<sub>2</sub> produzidos pelos micro-organismos. Nos casos utilizados com *Azospirillum brasilense*, mostrou-se os efeitos benéficos da associação, e devido as bactérias produzirem hormônios vegetais que determinam o crescimento do sistema radicular, assim possibilitando explorar mais o solo (Ferlini, 2006).

O volume de nitrogênio fixado por bactérias não é suficiente para suprir as necessidades de feijoeiro-comum (Barbosa et al., 2010). Uma das ações que está sendo utilizado para ocorrer maior disponibilidade de nitrogênio é a co-inoculação de bactérias do gênero *Rhizobium* e *Azospirillum*. Segundo Hungria (2011), a inoculação de *Azospirillum spp.* é recomendada para a cultura do trigo e milho, observando aumento na produtividade de ambos.

Produtos à base de *Azospirillum brasilense* tem sido preconizados para a co-inoculação na cultura da soja, juntamente com *Bradyrhizobium* na Argentina e na África do Sul. Há um grande interesse na prática alternativa, que vise à redução da aplicação de fertilizantes nitrogenados. A inoculação mista de leguminosas com bactérias simbióticas e assimbióticas, produzem efeitos sinérgicos, que superam os resultados produtivos obtidos na forma de aplicação individual (Bárbaro et al., 2008). Os casos pesquisados com *Azospirillum brasilense* mostram benefícios da associação pela capacidade da bactéria de produzir fito-hormônios, onde desenvolvem o sistema radicular, assim explorar um volume maior de solo. O gênero *Azospirillum spp.* estimulam a expressão de genes *nod*, de raízes laterais, da densidade e ramificação dos pelos radiculares (Bárbaro, et al., 2008). Para Hungria et al. (2012) em feijoeiro-comum a inoculação das sementes com *Rhizobium tropici* aumentou a produtividade, em média de 98 kg ha<sup>-1</sup> (8,3%), enquanto a co-inoculação com *A. brasilense* no sulco resultou em incremento médio de 285 kg ha<sup>-1</sup> (19,6%). Não houve ganhos na produtividade atribuídos à adubação com 200 kg de N ha<sup>-1</sup> na soja, ou com 80 kg

de N ha<sup>-1</sup> no feijoeiro-comum. Os resultados confirmam a viabilidade da co-inoculação com rizóbios e *Azospirillum* nas culturas da soja e do feijoeiro-comum, com consideráveis benefícios econômicos e ambientais.

O trabalho de Remans et al. (2008), utilizando dois genótipos (BAT-477 e DOR-364) demonstra que o potencial para aumentar a nodulação e crescimento das plantas do feijoeiro-comum com a co-inoculação com *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense*, é maior ou menor de acordo com o genótipo da cultivar utilizada.

### 3 DESEMPENHO AGRONÔMICO DO FEIJOEIRO-COMUM CO-INICULADO COM *Rhizobium tropici* E *Azospirillum brasilense*

#### RESUMO

O feijoeiro-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é a base de alimentação da população brasileira, contribuindo com 20% a 28% das proteínas da dieta. Devido à sua ampla adaptabilidade edafoclimática, faz parte do sistema produtivo em pequenas, médias e grandes propriedades em todo o território brasileiro. A utilização de fertilizantes nitrogenados aumenta o custo da produção, contribui para a contaminação do lençol freático e aumenta as emissões de gases do efeito estufa. Uma alternativa para mitigação desses efeitos é a utilização de bactérias capazes realizar a fixação biológica do nitrogênio (FBN) e promover o crescimento de plantas através da síntese de fitormônios. O objetivo deste trabalho consistiu em determinar o desempenho do feijoeiro-comum co-inoculado com *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense*. Os experimentos foram conduzidos sob condição de campo em safra de inverno, em delineamento de blocos ao acaso com 4 repetições, por dois anos consecutivos em dois locais diferentes por ano. Foram utilizados os tratamentos controle (TC), testemunha nitrogenada (TN), inoculação da semente com *R. tropici* (Rt), inoculação da semente com *R. tropici* e uma dose de *A. brasilense* (Rt+Ab1s), inoculação da semente com *R. tropici* e duas doses de *A. brasilense* (Rt+Ab2s), inoculação da semente com *R. tropici* e pulverização de duas doses de *A. brasilense* na fase V<sub>2</sub>/V<sub>3</sub> (Rt+Ab2p), inoculação da semente com *R. tropici* e pulverização de três doses de *A. brasilense* na fase V<sub>2</sub>/V<sub>3</sub> (Rt+Ab3p). Foram determinados o número de nódulos (NN), percentual de nódulos na raiz principal (%NRP), número de folhas (NF), área foliar (AF), massa seca planta aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), número de vagem (NV), número de grãos (NG), massa de 100 grãos (M100G) e produção de grãos (PG). O tratamento Rt+Ab3p proporcionou um aumento significativo do NN, NF, AF, MSPA, MSR, NV, NG e PG em relação ao TC. A co-inoculação de *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense* auxilia no desenvolvimento e produtividade do feijoeiro-comum. A aplicação de *Azospirillum brasilense* via pulverização na fase fenológica V<sub>2</sub>/V<sub>3</sub> resulta em melhor eficiência para o crescimento e produtividade do feijoeiro-comum. O Tratamento Rt+Ab3p proporcionou ganhos de produtividade de 4,8% e 15,5% em relação aos tratamentos TN e Rt, respectivamente.

Palavras-chave: fixação biológica de nitrogênio, feijoeiro-comum, *Rhizobium tropici*, *Azospirillum brasilense*, inoculação.

## ABSTRACT

AGRICULTURE BEAN COMMON CO-INOCULATED PERFORMANCE *Rhizobium tropici* AND *Azospirillum brasilense*

The common bean plant (*Phaseolus vulgaris* L.) is the feeding base of Brazilian population, contributing 20% to 28% of dietary proteins. Because of its wide edaphoclimatic adaptability, it is part of the production system in small, medium and large farms in all over the Brazilian territory. The use of nitrogen fertilizers increases the production cost, contributes to contamination of the water table and increases the greenhouse gases emissions. An alternative to the mitigation of these effects is to use bacteria capable to perform the nitrogen biological fixation (NBF) and promote the growth of plants by phytohormones synthesis. The objective of this study was to determine the performance of the co-inoculated common bean with *Rhizobium tropici* and *Azospirillum brasilense*. The experiments were conducted under field conditions in the winter crop in randomized lineation blocks with four repetitions for two consecutive years in two different locations each year. The used ones were Control Treatments (CT), nitrogen witness (NW), seed inoculation with *R. tropici* (Rt), seed inoculation with *R. tropici* and a dose of *A. brasilense* (Rt + Ab1s), seed with inoculação *R. tropici* and two doses of *A. brasilense* (Rt + Ab2s), seed inoculation with *R. tropici* and two doses of *A. Brasilense* in V<sub>2</sub>/V<sub>3</sub> stage (Rt + Ab2p), seed inoculation with *R. tropici* and three doses of pulverization of *A. brasilense* in V<sub>2</sub>/V<sub>3</sub> stage (Rt + Ab3p). They determined the nodes number (NN), percentage of primary root nodules (% PRN), number of leaves (NF), leaf area (AF), air plant dry mass (APDM), root dry mass (RDM) pod number (PN), grains number (GN), 100 grains mass (100GM) and grain Production(GP). Treatment Rt + Ab3p provided a significant NN, NC, AF, APDM, RDM, PN, GN and GP increase compared to CT. The co-inoculation *Rhizobium tropici* and *Azospirillum brasilense* assists in the common bean development and productivity. The application of *Azospirillum brasilense* via pulverising the phonological V<sub>2</sub>/V<sub>3</sub> stage, results in improved efficiency for the common bean growth and productivity. Treatment Rt + Ab3p provided productivity gains of 4.8% and 15.5% compared to TN and Rt treatments, respectively.

Keywords: nitrogen biological fixation, inoculation, indole acetic acid, phytohormone.

## 3.1 INTRODUÇÃO

O feijoeiro-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é um alimento básico para a população brasileira e a principal fonte de proteína vegetal para milhões de consumidores pobres, contribuindo com 20% a 28% das proteínas ingeridas pela população brasileira (Hungria et al., 1997). Graças à sua ampla adaptação edafoclimática, o feijoeiro-comum faz parte da maioria dos sistemas de produção dos pequenos e médios produtores rurais, os quais

utilizam a produção para o consumo familiar e a geração de renda, além de fazer parte, também, de sistemas produtivos de alto rendimento e altamente tecnificado, conduzidos em agricultura empresarial na terceira safra.

Apesar de ser uma planta de ciclo variando de 60 a 120 dias, o feijoeiro-comum requer elevados teores de nutrientes para atingir altas produtividades em condições de solo de Cerrado (Kluthcouski et al., 2000). Em especial, a demanda por N pelo feijoeiro-comum é alta, de forma que a máxima produtividade econômica de 2.700 kg ha<sup>-1</sup> sob condições de cerrado é atingida com a aplicação de 167 kg ha<sup>-1</sup> de N (Santos et al., 2003), com uma estimativa de que 50% do total do N absorvido pelo feijoeiro-comum é exportada pelas sementes (Fancelli e Dourado, 2007). Além disso, o uso de fertilizantes nitrogenados aumenta o custo de produção e contribui para o agravamento de problemas ambientais, como: contaminação do lençol freático com nitrito em sistemas de produção irrigados (Bortolotto et al., 2012) e aumento das emissões de gases do efeito estufa (Siqueira Neto et al., 2011).

Apesar do feijoeiro-comum beneficiar-se da fixação biológica do nitrogênio (FBN) e dos diversos esforços para ampliar a utilização da inoculação na cultura, os resultados obtidos até o momento indicam que a substituição total da adubação nitrogenada pela inoculação ainda é um objetivo a ser alcançado, comparado ao patamar atingido pela cultura da soja. Além disso, os resultados observados no campo são inconsistentes, onde se tem observado elevados índices de produtividade variando de 2.500 a 3.500 kg ha<sup>-1</sup> (Pelegri et al., 2009; Mostasso et al., 2002; Hungria et al., 2000) ou em produtividades muito baixas, entre 600 a 1.500 kg ha<sup>-1</sup> (Souza et al., 2011; Valadão et al., 2009; Raposeiras et al., 2006; Araújo et al., 2000; Oliveira e Tsai, 2001).

Por outro lado, há uma grande quantidade de trabalhos científicos reportando a capacidade de produção de ácido indol-acético por estirpes de vários gêneros bacterianos, tais como: *Rhizobium spp.* (Schlindwein et al., 2008; Coatti et al., 2010), *Azospirillum spp.* (Radwan et al., 2004; Reis Junior et al., 2004) e *Herbaspirillum spp.* (Radwan et al., 2004; Radwan et al., 2005) e dos efeitos positivos desse fitormônio na promoção do crescimento do feijoeiro-comum (Remans et al., 2008; Hungria et al., 2012). A inoculação mista de leguminosas com bactérias simbióticas e assimióticas, produzem efeitos sinérgicos, que superam os resultados produtivos obtidos na forma de aplicação individual (Bárbaro et al., 2008). Contudo, existem poucos estudos realizados sob condições de campo relatando os efeitos sinérgicos da co-inoculação na cultura do feijoeiro-comum.

Com base no exposto, o objetivo deste trabalho consistiu em determinar o efeito da co-inoculação de *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense* nos parâmetros de nodulação, crescimento e produtividade da cultura do feijoeiro-comum

## 3.2 MATERIAL E MÉTODOS

### 3.2.1 Descrição dos locais de instalação dos experimentos

Os ensaios foram conduzidos em quatro áreas distintas, para avaliação dos tratamentos em diferentes tipos de fertilidade do solo, tratos culturais e níveis tecnológicos. O primeiro e quarto ensaios foram realizados na Embrapa – CNPAF, localizada no município de Santo Antônio de Goiás/GO, sob as coordenadas 16° 30'29.69" S, 49°16'35.50" O e altitude de 795 m (Figura 1A), em 2013 e 15°29'11.96"S, 49°18'01.00"O e altitude de 773 m (Figura 1D) em 2014. O 2º ensaio foi conduzido em 2013 no município de Itaberaí/GO, na fazenda Piancó, pertencente ao Engº Agrº Fábio José Silva, sob as coordenadas 15°55'23,79"S, 49°44'08,36"O e altitude de 733 m (Figura 1B).

O terceiro ensaio foi conduzido em 2014 no município de Goianésia/GO, na fazenda Caução de Couro, pertencente ao produtor Marcos Suel Lopes Silva, sob as coordenadas 15°14'42,86"S, 49°09'18,55"O e altitude de 829 m (Figura 1C).

O clima, em todos os locais onde os ensaios foram conduzidos, conforme classificação de Köppen é Aw, é do tipo tropical úmido de savana. O regime pluvial é definido, com período seco de maio a setembro e o período chuvoso de outubro a abril, com precipitações médias variando de 75 a 125 mm no inverno e de 1.300 a 1.600 mm no verão (Silva et al., 2002).

Os experimentos foram conduzidos em delineamento de blocos casualizados com quatro repetições. As parcelas foram compostas com oito linhas de 8 m de comprimento, utilizando o espaçamento de 0,45 m. A instalação e condução dos experimentos foram realizadas segundo as normas estabelecidas no protocolo oficial para avaliação da viabilidade e eficiência agrônômica de cepas, inoculantes e tecnologias relacionadas ao processo de fixação biológica do nitrogênio em leguminosas, conforme a Instrução normativa DAS/MAPA nº 13/2011 do MAPA (Brasil, 2011).



**Figura 1.** Localização dos experimentos utilizados na condução dos ensaios de campo em Embrapa, safra 2013 (A), Itaberaí, safra 2013 (B), Goianésia, safra 2014 (C) e Embrapa, safra 2014 (D)

### 3.2.2 Análise química e física do solo

De cada área experimental foram coletadas, antes do plantio, 10 subamostras de solo na profundidade de 0–20 cm, posteriormente homogêneas para compor uma amostra composta, sendo três amostras compostas por área, as quais foram utilizadas na determinação das características químicas e físicas.

Para a determinação das características químicas do solo foram avaliados o teor matéria orgânica, pH do solo e os teores de P, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Cu<sup>2+</sup>, Zn<sup>2+</sup>, Fe<sup>3+</sup>, Mn<sup>2+</sup>, H<sup>+</sup> + Al<sup>3+</sup>. As análises laboratoriais foram realizadas de acordo com o manual de métodos de análise de solo da Embrapa – CNPS (Embrapa, 1997).

Os resultados das características químicas dos quatro locais descritos na Tabela 3, demonstram para os locais Santo Antônio de Goiás (2013) e Goianésia (2014) o pH classificado como mediamente tóxico, com apresentação de 1,0 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Al<sup>3+</sup>. Para

macro e micronutrientes a área de Santo Antônio de Goiás (2013) apresenta baixo teor de P e Fe. Para Zn e Mn com teores alto, assim como o teor de matéria orgânica (Sousa & Lobato, 2002).

**Tabela 3.** Atributos químicos do solo referente às áreas dos quatro experimentos

Local	pH	Ca	Mg	Al	H + Al	M.O.
	H <sub>2</sub> O	mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>			g kg <sup>-1</sup>	
2013 Santo Antônio de Goiás	5,3	24	9	1	47	48,1
2013 Itaberaí	5,8	19	5	0	29	31,0
2014 Goianésia	5,3	20	16	1	52	34,8
2014 Santo Antônio de Goiás	6,1	18	14	0	9	38,3

Ano	Local	P (Melich)	K	Cu	Zn	Fe	Mn
		mg dm <sup>-3</sup>					
2013	Santo Antônio de Goiás	4,0	187	1,0	1,7	13	48
2013	Itaberaí	15,1	137	0,8	6,4	24	14
2014	Goianésia	23,8	136	0,8	4,5	18	12
2014	Santo Antônio de Goiás	12,1	109	1,0	2,6	21	9,2

Fonte: Laboratório de Análises Agroambientais, Embrapa – CNPAF (2014).

As características físicas avaliadas foram: quantidades de argila, silte e areia, em função das quais foi realizada a classificação de cada solo, sendo as análises realizadas segundo Embrapa (1997) e apresentadas na Tabela 4.

**Tabela 4.** Atributos físicos do solo referente às áreas dos quatro experimentos

Ano	Local	Argila	Silte	Areia	Classificação
		g kg <sup>-1</sup>			
2013	Santo Antônio de Goiás	549	120	331	Argila
2013	Itaberaí	309	200	491	Franco argilosa
2014	Goianésia	473	131	396	Argila
2014	Santo Antônio de Goiás	349	211	440	Franco argilosa

Fonte: Laboratório de Análises Agroambientais, Embrapa – CNPAF (2014).

### 3.2.3 Implantação dos experimentos

#### 3.2.3.1 Áreas experimentais

A cultivar de feijoeiro-comum utilizada foi o Pérola, do qual foram semeadas manualmente 16 sementes por metro, com objetivo de obter uma média de 12 a 13 plantas por metro. Os plantios foram realizados no inverno, sendo as áreas da Embrapa-2013 (Figura 2A e 2C) e Goianésia-2014 (Figura 2B e 2D) irrigadas por aspersão tipo autopropelido.



**Figura 2.** Detalhes da implantação dos experimentos de campo na Embrapa–2013 (A) e em Goianésia-2014 (B) e visão geral da cultura do feijoeiro-comum aos 10 DAP na Embrapa–2013 (C) e aos 13 DAP em Goianésia-2014 (D)

Nos municípios de Itaberaí-2013 (Figura 3A e 3B) e na Embrapa-2014 (Figura 3C e 3D) os ensaios foram irrigados por aspersão tipo pivô central. Nas áreas experimentais da Embrapa (2013, 2014) e Goianésia (2014), foram realizados o preparo convencional do solo (aração e gradagem) e para a área de Itaberaí (2013) foi utilizado o sistema de semeadura direta sobre a palhada de milho.

O espaçamento utilizado para todos os ensaios foi o de 0,45 m, sendo demarcadas com semeadora adubadora de arrasto convencionais/plantio direto, a adubação a base de fósforo e potássio foi realizada conforme a solicitação em análise de solo na linha do plantio, com a dosagem de 400 kg ha<sup>-1</sup> nas fórmulas 00-30-10 e 04-30-10. Na área de Itaberaí (2013), foi utilizado 50% da adubação potássica a lanço sete dias antes do plantio (7 DAP) e 50% a lanço no estágio V<sub>2</sub> do feijoeiro-comum.



**Figura 3.** Detalhes da implantação dos experimentos de campo em Itaberaí–2013 (A) e na Embrapa-2014 (B) e visão geral da cultura do feijoeiro-comum aos 13 DAP em Itaberaí–2013 (C) e na fase fenológica V<sub>2</sub>/V<sub>3</sub> na Embrapa-2014 (D)

Os tratamentos utilizados foram: TC-Tratamento controle (sem inoculação e adubação nitrogenada); TN-Testemunha nitrogenada, sendo aplicados 20 kg ha<sup>-1</sup> de N no plantio e 60 kg ha<sup>-1</sup> de N na fase fenológica V<sub>2</sub>/V<sub>3</sub>; Rt- Inoculação da semente com duas doses de *Rhizobium tropici* (SEMIA 4080); Rt+Ab1s- Inoculação da semente com duas doses de *Rhizobium tropici* (SEMIA 4080) e uma dose de *Azospirillum brasilense* (AbV-5); Rt+Ab2s- Inoculação da semente com duas doses de *Rhizobium tropici* (SEMIA 4080) e

duas doses de *Azospirillum brasilense* (AbV-5); Rt+Ab2p- Inoculação da semente com duas doses de *Rhizobium tropici* (SEMIA 4080), mais uma pulverização de duas doses de *Azospirillum brasilense* (AbV-5) na fase fenológica V<sub>2</sub>/V<sub>3</sub>; Rt+Ab3p- Inoculação da semente com duas doses de *Rhizobium tropici* (SEMIA 4080), mais uma pulverização de três doses de *Azospirillum brasilense* (AbV-5) na fase fenológica V<sub>2</sub>/V<sub>3</sub>.

Para a inoculação das sementes foi utilizada uma solução açucarada a 10% (100 g de açúcar em 1 litro de água) para facilitar a adesão do inoculante nas sementes. Além disso, as sementes não foram submetidas a qualquer tratamento químico.

Foram utilizados os inoculantes comerciais Masterfix<sup>®</sup> L Feijão de *Rhizobium tropici* e Masterfix<sup>®</sup> L Gramíneas de *Azospirillum brasilense*, ambos fornecidos pela empresa Stoller do Brasil Ltda. (Figura 4). No que se refere à dosagem, uma dose corresponde a 250 g ou 100 ml do inoculante (turfoso ou líquido) para 50 kg de sementes, conforme a legislação vigente (Hungria et al., 2011).



**Figura 4.** Materiais utilizados na inoculação das sementes de feijoeiro-comum com *R. tropici* e *A. brasilense*

### 3.2.3.2 Aplicação de adubo nitrogenado em cobertura e pulverização com *Azospirillum brasilense*

Na testemunha nitrogenada (TN) foi realizada uma aplicação com 60 kg ha<sup>-1</sup> de N em cobertura na fase fenológica V<sub>2</sub>/V<sub>3</sub>, utilizando a uréia agrícola. A aplicação foi feita manualmente por linha.

Nos tratamentos Rt+Ab2p e Rt+Ab3p foram realizadas pulverizações de 2 e 3 doses  $\text{ha}^{-1}$ , respectivamente, do inoculante Masterfix® L gramíneas de *Azospirillum brasilense*, sendo a aplicação realizada na fase fenológica V<sub>2</sub>/V<sub>3</sub>. Para a pulverização foi utilizado um pulverizador costal, com bico cônico e volume de calda de 200 litros  $\text{ha}^{-1}$ .

### 3.2.4 Tratos culturais

Para o controle de plantas daninhas, nos ensaios realizados na Embrapa (2013 e 2014), foram realizadas aplicações de Fomesafen ( $1,0 \text{ l ha}^{-1}$ ) no estádio V<sub>2</sub> e Fluasifop-p-butil ( $1,0 \text{ l ha}^{-1}$ ) no estádio V<sub>3</sub>. No ensaio de Itaberaí (2013) foi realizada a dessecação com Glyphosate – 480 SC ( $3,0 \text{ l ha}^{-1}$ ) cinco dias antes do plantio (5 DAP) e a utilização de Fluasifop-o-butil ( $0,75 \text{ l ha}^{-1}$ ) no estádio V<sub>2</sub>, Fomesafen ( $1,0 \text{ l ha}^{-1}$ ) no estádio V<sub>3</sub>. Para o ensaio realizado em Goianésia (2014), o controle foi realizado com capina manual.

Nos ensaios na Embrapa (2013) e Goianésia (2014) ocorreram pressão de *Bemisia tabaci* (mosca branca), sendo necessárias 3 aplicações de Tiametoxam na dose de  $0,1 \text{ kg ha}^{-1}$  nos estádios de folhas primárias, emissão total do 1º trifólio e emissão total do 2º trifólio. Nos ensaios de Itaberaí (2014) e Embrapa (2014) foram utilizados Imidacloprid 200 ( $0,5 \text{ l ha}^{-1}$ ), Clorpirifós 500 ( $1,0 \text{ l ha}^{-1}$ ) para *Bemisia tabaci* (mosca branca), *Heliothis zea* (lagarta da vagem) e *Etiella zinckenella* (lagarta da vagem), respectivamente.

Para o controle de patógenos foram utilizados em todas as áreas os fungicidas Clorotalonil 500 ( $0,90 \text{ kg ha}^{-1}$ ), Tiofanato Metílico ( $1,0 \text{ l ha}^{-1}$ ), trifloxistrobina + Protiocanazol ( $0,4 \text{ l ha}^{-1}$ ) para o controle preventivo e curativo de *Colletotrichum lindemuthianum* (antracnose), *Phaeoisariopsis griseola* (mancha angular) e *Erysiphe polygoni* (oídio).

### 3.2.5 Coleta de informações dos experimentos

No florescimento, estádio fenológico R<sub>6</sub>, foram coletadas três plantas inteiras (folhas, caule e raízes) de cada parcela com o auxílio de uma pá reta, retirando-se um bloco de solo com raio de 25 cm (Figura 5), acondicionadas em sacos de papel até o momento da separação dos nódulos, raízes e folhas. As raízes foram destacadas, lavadas e os nódulos destacados e contados para a determinação do número de nódulos (NN) na raiz principal e total. As folhas foram destacadas e passadas ao leitor de área foliar LI-COR modelo 3100,

para determinação do índice de área foliar (IAF), foram contados os números de folhas por planta (NFP). Em seguida, as partes colhidas foram colocadas em estufa (65°C por 72 h), para secagem, com objetivo da determinação da massa seca-da raiz (MSR) e da parte aérea (MSPA).

Na fase fenológica R<sub>9</sub> (Figura 6), foram coletadas cinco plantas por parcela para a determinação dos componentes de rendimentos: número de vagens (NVP) e número de grãos por planta (NGP) e peso de cem grãos.

Para a determinação da produção de grãos as parcelas foram arrancadas manualmente em uma área total de 10,8 m<sup>2</sup> por parcela, sendo eliminados as linhas 1, 2, 7 e 8, assim como um metro de cada extremidade de cada parcela.



**Figura 5.** Detalhe das três plantas de feijoeiro-comum apresentando nodulação, coletas na fase fenológica R<sub>6</sub>

Toda produção foi trilhada usando uma trilhadora Jumil 700, acoplada à tomada de potência de um trator. Em seguida foram pesados os grãos e avaliados a produção de grãos em kg ha<sup>-1</sup>, sendo a umidade corrigida a 13%. Os ensaios Embrapa-2013, Itaberaí-2013, Goianésia-2014 e Embrapa-2014 fecharam o ciclo com 96, 82, 83 e 96 DAE (dias após emergência), respectivamente.



**Figura 6.** Visão geral da cultura do feijoeiro-comum na fase fenológica R<sub>9</sub> nas áreas experimentais da Embrapa-2013 (A), Itaberaí-2013 (B), Goianésia-2014 (C) e Embrapa-2014 (D)

A partir dos dados de produção de grãos (PG) foi calculada a produção relativa de grãos (PRG) de cada tratamento em relação ao tratamento nitrogenado (TN) e em relação ao tratamento com rizóbio (Rt). O cálculo foi realizado usando a fórmula:

$$PRG = \left( \frac{PGTC - PGTP}{PGTP} \right) \times 100$$

Onde, PGTC é a PG nos tratamentos a serem comparados com os tratamentos padrões e PGTP é a PG nos tratamentos padrões (TN e Rt).

### 3.2.6 Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e, quando observada significância do “F”, as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância, usando o software SISVAR (Ferreira, 2011).

### 3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.3.1 Valores de significância do teste F

O resultado da análise de variância revelou que o local (L) promoveu efeito ao nível de 1% de significância sobre todos os parâmetros avaliados. Já os tratamentos (T), avaliados também apresentaram efeitos altamente significativos sobre os parâmetros avaliados, exceto sobre o estande de plantas (E) onde a menor média de população foi o local Santo Antônio de Goiás (2013) com 11,96 plantas por metro<sup>-1</sup> e a maior média de população foi em Itaberaí/GO (2013) com 14,61 plantas por metro<sup>-1</sup>, e sobre a massa de 100 grãos (M100G). Por outro lado, não foi observada interação significativa entre L e T para o E, número de vagens (NV) e M100G (Tabela 5).

**Tabela 5.** Valores e significância do teste F para os efeitos de Local (L), tratamentos (T) e suas interações (L x T) sobre o estande (E- plantas m<sup>-1</sup>), sobre o número de nódulos (NN- n° planta<sup>-1</sup>), percentual de nódulos na raiz principal (%NRP), número de folhas (NF- n° planta<sup>-1</sup>), área foliar (AF- cm<sup>2</sup> planta<sup>-1</sup>), massa seca planta aérea (MSPA- g planta<sup>-1</sup>), massa seca da raiz (MSR- g planta<sup>-1</sup>), número de vagem (NV- n° planta<sup>-1</sup>), número de grãos (NG- n° planta<sup>-1</sup>), massa seca de 100 grãos (M100G- g), produção de grãos (PG- kg ha<sup>-1</sup>) e produção relativa de grãos em relação ao tratamento nitrogenado (PRGTN- %) e ao tratamento com rizóbio (PRGRt- %)

Variáveis	Fontes de variação			CV (%)
	Local (L)	Tratamentos (T)	L x T	
	GL <sup>1</sup> =3	GL=6	GL=18	
E	43,12**	1,22 <sup>ns</sup>	1,4 <sup>ns</sup>	7,05
NN	435,87**	31,35**	5,26**	15,02
%NRP	53,68**	9,03**	6,67**	19,30
NF	7,67**	8,84**	3,31**	10,38
AF	38,98**	7,77**	2,03**	20,33
MSPA	45,77**	7,54**	4,01**	13,10
MSR	120,37**	12,09**	2,31*	18,36
NV	36,94**	4,82**	1,41 <sup>ns</sup>	15,74
NG	64,56**	4,45**	2,85**	15,81
M100G	41,2**	1,44 <sup>ns</sup>	0,71 <sup>ns</sup>	7,28
PG	96,88**	7,27**	3,23**	13,44
PRGTN	12,64**	5,26**	2,51*	16,68
PRGRt	33,96**	6,18**	2,68*	16,67

\* Significativo (p<0,05); \*\* Significativo (p < 0,01); <sup>ns</sup> Não Significativo pelo teste F; CV – coeficiente de variação (%).

<sup>1</sup>GL: grau de liberdade.

### 3.3.2 Avaliação da nodulação do feijoeiro-comum em função da co-inoculação

O número de nódulos (NN) observado no experimento conduzido em Santo Antônio de Goiás-2013 foi significativamente menor do que os valores observados nos demais locais, sendo cerca de 8,5% menor que a média dos demais locais (Tabela 6).

Segundo Silva et al. (2002), altos teores de alumínio trocável e íons H<sup>+</sup> prejudicam o desenvolvimento radicular, o crescimento do rizóbio e a infecção radicular, de forma que para se obter boa eficiência das bactérias fixadoras a nível de solo, este deve

**Tabela 6.** Número de nódulos (NN) e porcentagem de nódulos da raiz principal (%NRP) do feijoeiro-comum dentro de cada local e em função dos tratamentos<sup>1</sup> realizados em ensaios de campo conduzidos nos anos agrícolas 2013/14 e 2014/15

Variáveis	NN n° planta <sup>-1</sup>	%NRP
Local (L)		
Santo Antônio de Goiás-2013	6,43 b	36,44 a
Itaberaí-2013	75,93 a	23,24 b
Goianésia-2014	72,64 a	21,79 b
Santo Antônio de Goiás-2014	75,43 a	22,69 b
Tratamentos (T)		
TC	34,19 d	18,28 c
TN	48,56 c	25,13 b
Rt	67,50 a	28,87 a
Rt+Ab1s	60,62 b	28,07 a
Rt+Ab2s	61,00 b	28,47 a
Rt+Ab2p	64,88 a	25,08 b
Rt+Ab3p	66,50 a	28,36 a

<sup>1</sup> TC- Tratamento controle; TN- Testemunha nitrogenada; Rt- Inoculação da semente com duas doses de *R. tropici*; Rt+Ab1s- Inoculação da semente com duas doses de *R. tropici* e uma dose de *A. brasilense*; Rt+Ab2s- Inoculação da semente com duas doses de *R. tropici* e duas doses de *A. brasilense*; Rt+Ab2p- Inoculação da semente com duas doses de *R. tropici* mais pulverização de duas doses de *A. brasilense* na fase fenológica V<sub>2</sub>/V<sub>3</sub>; Rt+Ab3p- Inoculação da semente com duas doses de *R. tropici* mais pulverização de três doses de *A. brasilense* na fase fenológica V<sub>2</sub>/V<sub>3</sub>. Médias seguidas por mesma letra nas colunas não diferem pelo teste de Scott-Knott (p<0,05).

apresentar pH em torno de 6,5. A análise química do solo de Santo Antônio de Goiás-2013 apresentava pH 5,3, teor de Al<sup>3+</sup> de 1 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> e valor de H<sup>+</sup> de 46 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> (Tabela 3), sendo um solo medianamente ácido e com acidez trocável muito alta, prejudicando a nodulação. Isto também pode ter resultado em baixo desenvolvimento de radículas e pelos radiculares, fazendo com que o maior percentual de nódulos na raiz principal (%NRP) tenha sido observado para este local (Tabela 6).

Todos os tratamentos, incluindo aqueles sem inoculação, apresentaram nódulos, indicando a presença de estirpes nativas no solo. Porém, mesmo na presença de estirpes nativas os tratamentos Rt (inoculação da semente com duas doses de *Rhizobium tropici*), Rt+Ab2p (inoculação da semente com 2 doses de *R. tropici* mais pulverização de 2 doses de

*A. brasilense* na fase fenológica V<sub>2</sub>/V<sub>3</sub>) e Rt+Ab32p (inoculação da semente com 2 doses de *R. tropici* mais pulverização de 3 doses de *A. brasilense* na fase fenológica V<sub>2</sub>/V<sub>3</sub>) apresentaram os maiores valores de NN. Mercante et al. (1999) demonstraram que a inoculação com o produto comercial promoveu um efeito positivo e significativo na nodulação das plantas para todas as cultivares de feijoeiro-comum avaliadas, demonstrando elevada eficiência e competitividade das estirpes de *Rhizobium tropici* introduzidas, em relação à população nativa do solo. Embora o efeito da co-inoculação no NN não tenha sido observado neste trabalho, Veronezi et al. (2012) verificaram que a co-inoculação do isolado CPAO 19.5 L3 com as estirpes AbV-5 e AbV-6 de *Azospirillum brasilense* resultou em um incremento de 63,3% no número de nódulos das plantas, quando comparadas com as plantas apenas inoculadas com o isolado CPAO 19.5 L3.

Três dos tratamentos de co-inoculação (Rt+Ab1s, Rt+Ab2s e Rt+Ab3p) resultaram em maiores valores de %NRP, comparados aos tratamentos controle (TC) e testemunha nitrogenada (TN); porém, sem diferença significativa para o tratamento somente inoculado (Rt) (Tabela 6). Esses resultados corroboram com aqueles reportados por Meirelles et al. (2014), onde o número de nódulos na raiz principal das plantas submetidas aos tratamentos de co-inoculação via foliar foi superior ao número encontrado no tratamento de co-inoculação via semente ao tratamento equivalente a 80 kg ha<sup>-1</sup> de N.

### 3.3.3 Avaliação do crescimento de feijoeiro-comum co-inoculado

Os maiores valores de estande de plantas (E) foram observados nos experimentos conduzidos em Santo Antônio de Goiás-2013 e Itaberaí-2013, sendo que este último também apresentou maiores valores de número de folhas (NF), área foliar (AF) e massa seca de raiz (MSR). Além disso, o maior valor observado para a massa seca da parte aérea (MSPA) foi encontrado no experimento de Santo Antônio de Goiás-2014 (Tabela 7).

Na avaliação do estande de plantas (E), não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos (T), com população mínima de 11,96 e máxima de 14,61 plantas m<sup>-1</sup> (Tabela 7), equivalendo a 298,6 e 314 mil plantas ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Em um estudo de população de plantas com 110, 180, 240 e 300 mil plantas ha<sup>-1</sup>, Souza et. al. (2002) relataram que à medida que se aumenta a população de plantas do feijoeiro-comum, reduz-se gradativamente a altura das plantas e o número de vagens por planta. Entretanto, no

intervalo populacional estudado, o rendimento de grãos se manteve no mesmo patamar, evidenciando certa plasticidade ou capacidade de compensação (Corsini, 2014).

Quanto ao número de folhas (NF), foram observadas diferenças significativas em que os maiores valores foram observados para os tratamentos TN e Rt+Ab3p, sendo superiores ao TC 10,4% e 8%, respectivamente (Tabela 7).

**Tabela 7.** Avaliação do estande de plantas (E-plantas m<sup>1</sup>), número de folhas (NF-nº planta<sup>-1</sup>), área foliar (AF-cm<sup>2</sup> planta<sup>-1</sup>), massa seca parte aérea (MSPA-g planta<sup>-1</sup>) e massa seca da raiz (MSR-g planta<sup>-1</sup>) do feijoeiro-comum dentro de cada local e em função dos tratamentos<sup>1</sup> realizados em ensaios de campo conduzidos nos anos agrícolas 2013/14 e 2014/15

Variáveis	E plantas m <sup>-1</sup>	NF nº planta <sup>-1</sup>	AF cm <sup>2</sup> planta <sup>-1</sup>	MSPA g planta <sup>-1</sup>	MSR g planta <sup>-1</sup>
<b>Local (L)</b>					
Santo Antônio de Goiás-2013	14,36 a	61,13 b	836,06 c	20,14 b	0,52 c
Itaberaí-2013	14,61 a	65,08 a	1.470,24 a	16,78 c	1,10 a
Goianásia-2014	13,93 b	57,83 b	1.022,33 b	20,70 b	1,01 b
Santo Antônio de Goiás-2014	11,96 c	64,59 a	1.110,48 b	25,22 a	0,56 c
<b>Tratamentos (T)</b>					
TC	13,44 a	62,42 b	1.073,45 b	18,96 b	0,71 c
TN	13,44 a	69,65 a	1.308,49 a	19,48 b	0,74 c
Rt	13,56 a	60,17 b	1.107,87 b	20,28 b	0,74 c
Rt+Ab1s	14,00 a	58,71 b	932,50 b	21,37 b	0,75 c
Rt+Ab2s	13,69 a	57,21 b	976,56 b	20,51 b	0,87 b
Rt+Ab2p	14,13 a	59,13 b	1.031,56 b	19,81 b	0,76 c
Rt+Ab3p	13,75 a	67,85 a	1.338,02 a	24,55 a	1,06 a

<sup>1</sup> TC- Tratamento controle; TN- Testemunha nitrogenada; Rt- Inoculação da semente com duas doses de *R. tropici*; Rt+Ab1s- Inoculação da semente com duas doses de *R. tropici* e uma dose de *A. brasilense*; Rt+Ab2s- Inoculação da semente com duas doses de *R. tropici* e duas doses de *A. brasilense*; Rt+Ab2p- Inoculação da semente com duas doses de *R. tropici* mais pulverização de duas doses de *A. brasilense* na fase fenológica V<sub>2</sub>/V<sub>3</sub>; Rt+Ab3p- Inoculação da semente com duas doses de *R. tropici* mais pulverização de três doses de *A. brasilense* na fase fenológica V<sub>2</sub>/V<sub>3</sub>. Médias seguidas por mesma letra nas colunas não diferem pelo teste de Scott-Knott (p<0,05).

Esse resultado refletiu na área foliar (AF), para a qual os maiores valores também foram encontrados para os mesmos tratamentos, os quais foram 18% e 19,8%, respectivamente, superiores ao TC.

Para a massa seca da parte aérea (MSPA) o maior valor foi observado para o tratamento Rt+Ab3p, sendo este superior em 22,8% e 17,4% em relação ao TC e ao Rt, respectivamente (Tabela 7). Os resultados encontrados para MSPA podem ser parcialmente explicados pelo estímulo que a bactéria *A. brasilense* realiza na formação de pelos radiculares, através da produção de fitormônios, favorecendo a maior absorção de nutrientes pela planta, com reflexo direto no acúmulo de matéria seca (Bashan e Levanony, 1990).

Ainda, o tratamento Rt+Ab3p proporcionou maior valor de massa seca de raiz (MSR), sendo 33% e 30% superior aos tratamentos TC e Rt, respectivamente (Tabela 7), demonstrando um forte efeito de promoção de crescimento radicular, possivelmente ocasionado pelo *A. brasilense*. Meirelles (2014) demonstrou que a inoculação de sementes com *A. brasilense* e *R. tropici* proporcionou maior massa do sistema radicular das plantas do feijoeiro-comum. O aumento da massa seca da raiz é explicado pelo estímulo proporcionado pelo *Azospirillum brasilense* na produção de pelos radiculares (Bashan e Levanony, 1990), uma vez que essa bactéria é notadamente produtora de auxina (Pedrinho et al., 2010), hormônio envolvido no crescimento do sistema radicular (Mathesius, 2008).

### **3.3.4 Avaliação dos componentes de rendimento e produção de grãos em feijoeiro-comum co-inoculado**

Entre os componentes de rendimento, o experimento conduzido em Santo Antônio de Goiás-2014 apresentou os maiores valores de número de vagens (NV), número de grãos (NG) e massa de cem grãos (M100G), seguido pelos experimentos conduzidos em Goianésia-2014 para NV e, Santo Antônio de Goiás-2013 e Itaberaí-2013, para M100G. Esses resultados refletiram diretamente na produção de grãos (PG), sendo o maior valor observado no experimento conduzido em Santo Antônio de Goiás-2014 (Tabela 8).

Entre os tratamentos avaliados, os maiores valores de NV e NG foram observados nos tratamentos Rt+Ab3p, Rt+Ab2p e TN (Tabela 8). Resultados disponíveis na literatura demonstram que a co-inoculação de *A. brasilense* e *R. tropici* proporciona maior NV (Peres, 1994; Meirelles, 2014), em função da ação conjunta das bactérias.

Em relação ao NG, Soratto et al. (2004) relataram que o NG não foi influenciado pela co-inoculação, uma vez que essa é uma característica que apresenta alta herdabilidade genética, sendo pouco influenciada pelo ambiente.

**Tabela 8.** Avaliação do número de vagem (NV-nº planta<sup>-1</sup>), número de grãos (NG-nº planta<sup>-1</sup>), massa seca de cem grãos (M100G-g planta<sup>-1</sup>) e produção de grãos (PG-kg ha<sup>-1</sup>) do feijoeiro-comum dentro de cada local e em função dos tratamentos<sup>1</sup> realizados em ensaios de campo conduzidos nos anos agrícolas 2013/14 e 2014/15

Variáveis	NV nº planta <sup>-1</sup>	NG nº planta <sup>-1</sup>	M100G g planta <sup>-1</sup>	PG kg ha <sup>-1</sup>
<b>Local (L)</b>				
Santo Antônio de Goiás-2013	9,96 b	42,25 d	26,84 a	2.654,93 b
Itaberaí-2013	10,40 b	48,63 c	26,15 a	2.635,22 b
Goianásia-2014	14,06 a	65,88 b	21,88 b	1.818,75 c
Santo Antônio de Goiás-2014	13,82 a	70,91 a	25,65 a	3.431,55 a
<b>Tratamentos (T)</b>				
TC	11,19 b	54,22 b	25,65 a	2.193,29 c
TN	13,55 a	62,84 a	25,89 a	2.828,51 a
Rt	11,32 b	55,38 b	24,29 a	2.758,41 a
Rt+Ab1s	11,49 b	54,87 b	24,99 a	2.631,65 b
Rt+Ab2s	11,07 b	49,73 b	25,26 a	2.574,80 b
Rt+Ab2p	12,56 a	58,94 a	24,68 a	2.539,48 b
Rt+Ab3p	13,25 a	62,44 a	25,16 a	2.919,66 a

<sup>1</sup> TC- Tratamento controle; TN- Testemunha nitrogenada; Rt- Inoculação da semente com duas doses de *R. tropici*; Rt+Ab1s- Inoculação da semente com duas doses de *R. tropici* e uma dose de *A. brasilense*; Rt+Ab2s- Inoculação da semente com duas doses de *R. tropici* e duas doses de *A. brasilense*; Rt+Ab2p- Inoculação da semente com duas doses de *R. tropici* mais pulverização de duas doses de *A. brasilense* na fase fenológica V<sub>2</sub>/V<sub>3</sub>; Rt+Ab3p- Inoculação da semente com duas doses de *R. tropici* mais pulverização de três doses de *A. brasilense* na fase fenológica V<sub>2</sub>/V<sub>3</sub>. Médias seguidas por mesma letra nas colunas não diferem pelo teste de Scott-Knott (p<0,05).

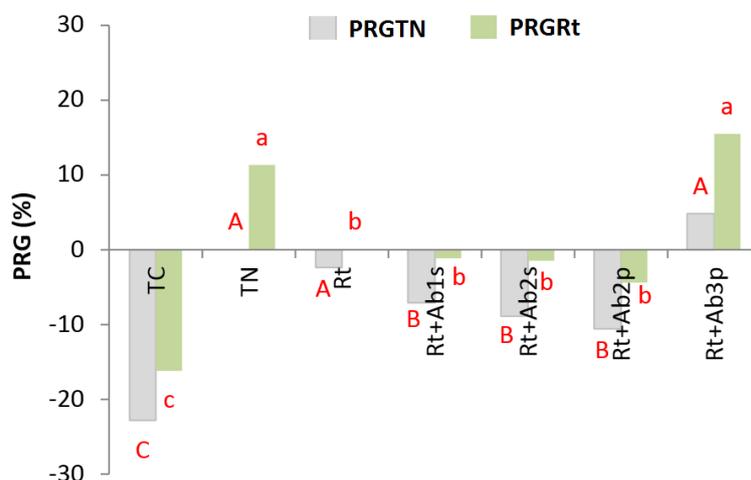
Os resultados encontrados para a M100G são corroborados pela literatura, visto que essa característica é pouco influenciada, tanto pela co-inoculação (Meirelles, et al., 2014), como por tratamentos envolvendo diferentes doses de N (Soratto et al., 2004).

Já a PG de grãos foi significativamente afetadas pelos tratamentos, sendo encontrados maiores valores nos tratamentos Rt+Ab3p, Rt e TN (Tabela 8). Apesar de não

haver diferença significativa entre esses três tratamentos, o tratamento Rt+Ab3p produziu cerca de 91 e 161 kg ha<sup>-1</sup> a mais que os tratamentos TN e Rt, respectivamente (Tabela 8). Em trabalho conduzido por Hungria et al. (2012), a inoculação das sementes do feijoeiro-comum com *R. tropici* obteve um ganho de produtividade 8,3% em relação ao TN (80 kg ha<sup>-1</sup> de N), equivalendo a 98 kg ha<sup>-1</sup>, enquanto a co-inoculação com *A. brasilense* no sulco resultou em incremento médio de 25%, equivalendo a 295 kg ha<sup>-1</sup>. Os resultados confirmam a viabilidade da co-inoculação com rizóbios e *Azospirillum* na cultura do feijoeiro-comum, com consideráveis benefícios econômicos e ambientais.

### 3.3.5. Avaliação da produção relativa de grãos (PRG)

Com base nos dados da produção de grãos (PG) dos tratamentos, foi calculada a PRG destes em relação ao tratamento nitrogenado (PRGTN) e em relação ao tratamento com inoculação com *Rhizobium tropici* (PRGRt). Na média geral dos quatro ensaios de campo, a maioria dos tratamentos apresentou PRG menor que os tratamentos TN e Rt, exceto o TN em relação ao Rt e o Rt+Ab3p em relação aos tratamentos TN e Rt. Nesse caso, o tratamento

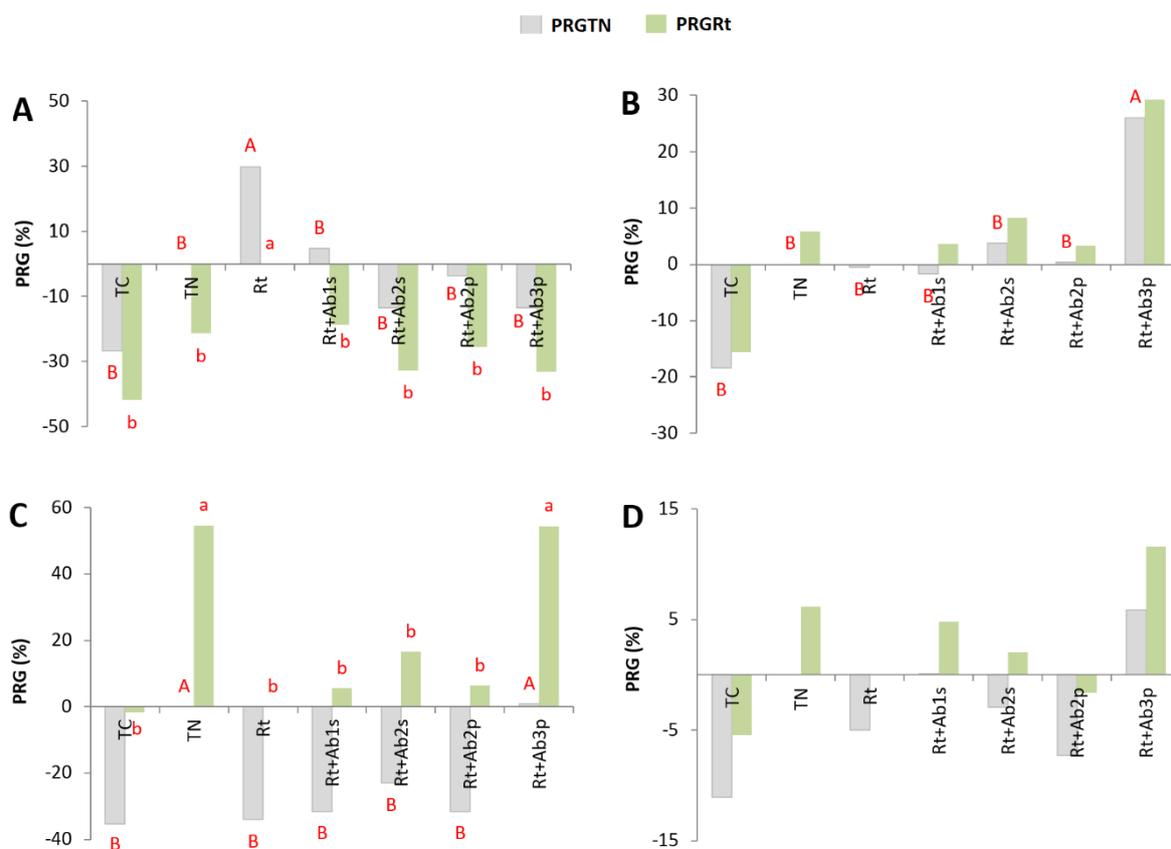


**Figura 7.** Produção relativa de grãos dos tratamentos em relação ao TN (PRGTN) e ao tratamento rizóbio (PRGRt). TC- Tratamento controle; TN- Testemunha nitrogenada; Rt- Inoculação da semente com duas doses de *R. tropici*; Rt+Ab1s- Inoculação da semente com duas doses de *R. tropici* e uma dose de *A. brasilense*; Rt+Ab2s- Inoculação da semente com duas doses de *R. tropici* e duas doses de *A. brasilense*; Rt+Ab2p- Inoculação da semente com duas doses de *R. tropici* mais pulverização de duas doses de *A. brasilense* na fase fenológica V<sub>2</sub>/V<sub>3</sub>; Rt+Ab3p- Inoculação da semente com duas doses de *R. tropici* mais pulverização de três doses de *A. brasilense* na fase fenológica V<sub>2</sub>/V<sub>3</sub>. Média de quatro ensaios de campo com quatro repetições por ensaio. Letras maiúsculas

comparam tratamentos em relação ao TN e minúsculas em relação ao Rt pelo teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ )

Rt+Ab3p apresentou valores de 4,8% e 15,5% a mais que os tratamentos TN e Rt, respectivamente (Figura 7).

No experimento conduzido em Santo Antônio de Goiás-2013 (Figura 8A), todos os tratamentos apresentaram PRG inferiores aos tratamentos TN e Rt, exceto o tratamento Rt que apresentou cerca de 30% a mais de PRG que o tratamento TN. Isso demonstra que



**Figura 8.** Produção relativa de grãos dos tratamentos em relação ao TN (PRGTN) e ao tratamento com rizóbio (PRGRt) em Santo Antônio de Goiás – 2013 (A), Itaberai – 2013 (B), Goianésia – 2014 (C), Santo Antônio de Goiás – 2014 (D). TC- Tratamento controle; TN- Testemunha nitrogenada; Rt- Inoculação da semente com duas doses de *R. tropici*; Rt+Ab1s- Inoculação da semente com duas doses de *R. tropici* e uma dose de *A. brasilense*; Rt+Ab2s- Inoculação da semente com duas doses de *R. tropici* e duas doses de *A. brasilense*; Rt+Ab2p- Inoculação da semente com duas doses de *R. tropici* mais pulverização de duas doses de *A. brasilense* na fase fenológica V<sub>2</sub>/V<sub>3</sub>; Rt+Ab3p- Inoculação da semente com duas doses de *R. tropici* mais pulverização de três doses de *A. brasilense* na fase fenológica V<sub>2</sub>/V<sub>3</sub>. Letras maiúsculas comparam tratamentos em relação ao TN e minúsculas em relação ao Rt pelo teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ )

fatores relacionados ao solo, como pH e alta concentração de  $Al^{3+}$  podem ter dificultado ação da promoção de crescimento das plantas pela co-inoculação, conforme relatado por Silva et al. (2002).

No experimento conduzido em Itaberáí-2013 o tratamento Rt+Ab3p resultou em uma PRG de cerca de 22% em relação ao TN e de 29% em relação ao Rt (Figura 8B), comportamento semelhante ao observado no experimento conduzido em Santo Antônio de Goiás-2014, com PRG de cerca de 5% em relação ao TN e de 11% em relação ao Rt (Figura 8D). Já em Goianésia-2014 não foi observado efeito do tratamento Rt+Ab3p em relação ao TN, mas de cerca de 52% em relação ao tratamento Rt (Figura 8C).

Apesar dos experimentos terem sido conduzidos em dois diferentes anos, os mesmos foram implantados na safra de inverno de cada ano, de forma que as características climáticas foram semelhantes. Dessa forma, é possível que as diferenças observadas entre os tratamentos para a PRG dentro de cada local tenham sido fortemente influenciadas pelas características distintas de cada solo.

Os experimentos realizados na Embrapa-CNPAF/2013 e Goianésia/2014, apresentaram pH de 5,3 (mediamente ácida) com a presença de  $Al^{3+}$  tóxico (CFSG, 1988). Os solos tropicais brasileiros, são constituídos originalmente de formações geológicas muito antigas, como Latossolos ou Argissolos que são bem desenvolvidos, profundos, com baixa fertilidade natural e geralmente ácidos (Fernandes Júnior et al., 2008).

Watkin et al. (1997, 2000) demonstraram reduções na produtividade de culturas em solos ácidos, apresentando redução da produtividade ao longo dos anos de cultivos sucessivos, assim como a redução da população de rizóbio, sendo necessário a re-inoculação a cada plantio, para a manutenção da produtividade. Morón et al. (2005) descreveram quanto ao *Rhizobium tropici* no feijoeiro-comum, o pH mais ácido induziu fatores nod diferentes daqueles produzidos no pH médio (5,5) no qual a estirpe foi isolada. A nodulação também foi menor nestas condições. Vargas & Graham (1989), avaliaram *Rhizobium leguminosarum* bv *phaseole* estirpes CIAT899 (ácido tolerante) e CIAT 632 (ácido sensível), em quatro meios ácidos (4,5; 5,0; 5,5 e 6,0) e todos apresentaram aumento marcado em nodulação e desenvolvimento da planta, quando o pH foi aumentado a partir de 4,5 a 6,0.

Outro fator importante associado ao pH do solo é o aumento da concentração de  $Al^{3+}$ . Diversas estirpes de rizóbio são sensíveis a concentrações de alumínio trocável, ocorrendo redução da nodulação (Wood et al., 1988; Fernandes Júnior et al., 2008).

### 3.4 CONCLUSÕES

- i. A presença de pH ácido com a presença de  $Al^+$  no solo, interferem na produção e desenvolvimento da nodulação.
- ii. A co-inoculação com três doses *A. brasilense* pulverizado apresentou um aumento significativo ao número de folhas, área foliar, assim como massa seca da parte aérea e raízes da planta do feijoeiro.
- iii. A co-inoculação da semente com duas doses de *R. tropici* e aplicação de três doses de *A. brasilense* via pulverização, proporcionou ganhos de produtividade de 5% em relação ao tratamento nitrogenado e de 15% em relação ao tratamento com inoculação simples de *R. tropici*.

#### 4 AVALIAÇÃO ECONÔMICA DA CULTURA DO FEIJOEIRO-COMUM CO-INOCULADO COM *Rhizobium tropici* E *Azospirillum brasilense*

##### RESUMO

A cultura do feijoeiro-comum no Brasil na safra 2014/15, conforme a CONAB, ocupou uma área de 2,977 milhões de ha<sup>-1</sup>, com uma produção de 3,151 milhões toneladas somando as três safras agrícolas. A cultura do feijoeiro-comum necessita de 35 kg de N para produzir uma tonelada de grãos, sendo utilizado como fonte adubos nitrogenados. No mercado a uréia é a fonte mais utilizada, sendo esta com 45% de N e com o preço de R\$ 1.560,00 a tonelada. As primeira e terceira safras do feijoeiro-comum com 1,656 milhões de ha<sup>-1</sup>, utilizando 90 kg ha<sup>-1</sup> de N, representa um gasto anual de R\$ 516,672 milhões, a segunda safra é insignificante a utilização de fertilizantes nitrogenados. São considerados perdas de adubos nitrogenados na cultura do feijoeiro-comum na ordem de 50% do aplicado, devido a lixiviação na forma de nitrato e escurimento superficial decorrente da irrigação e, ou chuvas. No entanto, trabalhos demonstram a possibilidade do fornecimento de N via processo de fixação biológica de N<sub>2</sub>, alcançando produtividades acima de 2.500 kg ha<sup>-1</sup>. O objetivo deste trabalho consistiu em determinar o efeito da co-inoculação de *A. brasilense* e *R. tropici* nos parâmetros econômicos da cultura do feijoeiro-comum. Foram realizados quatro experimentos em condições de campo. O delineamento aplicado foi o de blocos casualizados com quatro repetições, e os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Para avaliação do custo da produção da cultura do feijoeiro-comum, foi utilizado as informações da Federação da Agricultura e Pecuária de Goiás (FAEG). Para os experimentos realizados em 2013, o tratamento inoculação da semente com duas doses de *R. tropici* no plantio, mais uma pulverização de três doses de *A. brasilense* na fase fenológica V<sub>2</sub>/V<sub>3</sub>, foi o de melhor retorno financeiro, demonstrando que para cada real aplicado, houve o retorno de R\$ 5,52, ou seja, um aumento do retorno financeiro de 552%, com R\$2.634,16 por ha<sup>-1</sup>. Para o ano de 2014, o tratamento inoculação da semente com duas doses de *R. tropici* no plantio, mais uma pulverização de três doses de *A. brasilense* na fase fenológica V<sub>2</sub>/V<sub>3</sub>) foi o de melhor retorno financeiro, demonstrando que para cada real aplicado, houve um retorno de R\$ 1,80, o que resultou em uma receita líquida de R\$ 1.659,76 ha<sup>-1</sup>, superior a R\$ 1.363,85 ha<sup>-1</sup> obtido no tratamento com N. Para a média dos quatro experimentos realizados em 2013 e 2014, o tratamento com inoculação da semente com duas doses de *R. tropici* mais a pulverização após plantio com três doses de *A. brasilense* na fase fenológica V<sub>2</sub>/V<sub>3</sub>, apresentou retorno médio financeiro de R\$ 3,58 para cada real investido, onde a receita líquida de R\$ 5.081,37 ha<sup>-1</sup>, o que resultou em R\$ 408,90 ha<sup>-1</sup> superior ao tratamento com N. A tecnologia da co-inoculação de *R. tropici* e *A. brasilense* possuir vantagens ao meio ambiente, apresentou o retorno financeiro positivo a cultura do feijoeiro-comum e superior a adubação nitrogenada.

Palavras-chave: Retorno financeiro, *Phaseolus vulgaris* L., FBN, custo de produção.

## ABSTRACT

ECONOMIC EVALUATION OF COMMON BEAN PLANT CROP CO-INOCULATED WITH *Rhizobium tropici* AND *Azospirillum brasilense*

The common bean crop in Brazil in 2014/15 crop, according to Conab, occupied an area of 2.977 million ha<sup>-1</sup>, with a production of 3.151 million tons by adding the three harvests. The common bean cultivation requires 35 kg of N to produce one ton of grain, using nitrogen fertilizer as source. In the market, ureia is the most used source, which is 45% of N and the price of R\$ 1,560.00 per ton. The first and third harvests of the common bean with 1.656 million ha<sup>-1</sup>, using 90 kg ha<sup>-1</sup> of N, represents an annual expenditure of R\$ 516.672 million, the second harvest is negligible the use of nitrogen fertilizers. They are considered losses of nitrogenous fertilizers in common bean crop in the order of 50% of the applied due to leaching as nitrate and surface runoff due to irrigation and, or the rain. However, studies have shown the possibility of supply of N through N<sub>2</sub> biological fixation process, reaching yields above 2,500 kg ha<sup>-1</sup>. The aim of this study was to determine the effect of co-inoculation of *A. brasilense* and *R. tropici* economic parameters of common bean crop. Four experiments were carried out under field conditions. The applied lineation was the randomized blocks one with four repetitions, and data were submitted to analysis of variance and averages were compared by the Scott-Knott test at 5% of probability. To evaluate the cost of the common bean crop production, it was used information from the Federation of Agriculture and Livestock of Goiás (FAEG). For the experiments held in 2013, the seed inoculation treatment with two doses of *R. tropici* in planting, and a pulverization of three doses of *A. brasilense* phenological V<sub>2</sub>/V<sub>3</sub> stage was the best payback, showing that for each real applied, there was a return of R\$ 5.52, and presenting final income of R\$ 8,786.63 ha<sup>-1</sup>, greater than R \$ 8,274.85 ha<sup>-1</sup> observed in the treatment with N. For the year 2014, seed inoculation treatment with two doses of *R. tropici* in planting, and a pulverization of three doses of *A. brasilense* phenological V<sub>2</sub>/V<sub>3</sub> stage) was the best payback, showing that for every real invested, there was a return of R\$ 1,80, which resulted in a final income of R\$ 1.659,76 ha<sup>-1</sup>, greater than R\$ 1.363,85 ha<sup>-1</sup> obtained in the treatment with N. For the average of the four experiments conducted in 2013 and 2014, seed inoculation treatment with two doses of *R. tropici* and pulverization after planting with three doses of *A. brasilense* phenological V<sub>2</sub>/V<sub>3</sub> stage showed the average payback of R\$ 3,58 for each real invested, where the income of R\$ 5.081,37 ha<sup>-1</sup>, which resulted in R\$ 408,90 ha<sup>-1</sup> superior to treatment with N. The technology of co-inoculation of *R. tropici* and *A. brasilense* possess advantages for the environment, showed positive payback to the common bean crop and higher to nitrogen fertilization.

Keywords: Payback, *Phaseolus vulgaris* L., FBN, production cost.

## 4.1 INTRODUÇÃO

A cultura do feijoeiro-comum ocupou uma área em torno de 3 milhões de ha<sup>-1</sup> na safra 2014/2014, produzindo aproximadamente 3,2 milhões de toneladas (Conab, 2015). Considerando que a cultura necessita de cerca de 35,5 kg de N para produzir uma tonelada

de grãos (Roselem & Marubayashi, 1994), o uso de fertilizante nitrogenado na cultura do feijoeiro-comum no Brasil, principalmente nas primeira e terceira safras, é muito alto. Nessas safras o feijoeiro-comum é cultivado em cerca de 1,7 milhões de hectares usando cerca de 90 kg de N ha<sup>-1</sup>, representando uma quantidade total de 144 mil toneladas de N por ano. Com o preço da tonelada da uréia a R\$ 1.560,00 (FAEG, 2015), e considerando que a uréia tem 45% de N, isso representa um gasto anual de R\$ 516,672 milhões. No restante da área, cerca de 1,3 milhões de ha<sup>-1</sup>, equivalente à segunda safra, o uso de fertilizante nitrogenado é insignificante.

Considera-se que as perdas de adubos nitrogenados aplicados estão em torno de 50%, sendo ocasionadas principalmente por lixiviação, na forma de nitrato e escoamento superficial, provocado pela água das chuvas e, ou, irrigação (Straliotto et al., 2002). O N perdido nesse processo é altamente poluente e, uma vez carregado para o lençol freático, provoca a contaminação dos aquíferos subterrâneos, rios e lagos. Outras perdas de N aplicado ocorrem nas formas gasosas, que retornam à atmosfera, sobretudo pelos processos de desnitrificação e volatilização (Siqueira Neto et al., 2011; Straliotto et al., 2002).

O Brasil em 2009 assumiu o compromisso de redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE) na conferência das Partes (COP-15), em 2010 foi reafirmada na COP-16 no México. Para o cumprimento das metas firmadas, o Brasil criou o Plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono) e dentre as metas estabelecidas, está a adoção das práticas agrícolas como a fixação biológica do nitrogênio (FBN) com objetivo do aumento da prática em mais 5,5 milhões de hectares, com potencial de mitigação de 10 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> (Hungria et al., 2013).

A Food and Agriculture Organization (FAO) e da Associação Nacional para difusão de Adubos (ANDA), estimam o consumo médio de 25 kg ha<sup>-1</sup> em adubos nitrogenados na cultura do feijoeiro-comum. Não existem dados sobre a emissão de GEE relacionados a inoculantes contendo rizóbios. Porém o consultor Leonel Neves do Canto e Melo descreve que um litro de inoculante é igual a 8,76 x 10<sup>-5</sup> t de CO<sub>2</sub>, ou uma dose de 100 ml de inoculante a base de rizóbio equivaleria a 8,76 x 10<sup>-9</sup> kg de e-CO<sub>2</sub> (Hungria, 2013).

Sendo considerado que um quilo de N-fertilizante tem a emissão de GEE de 4,5 kg de e-CO<sub>2</sub>, poderia ocorrer a redução de 367.000 toneladas de e-CO<sub>2</sub> na safra 2011/12, quando foram utilizadas 81,5 mil toneladas de N em uma área total plantada de 3,26 milhões de ha<sup>-1</sup> de feijoeiro-comum (Hungria, 2013). Contudo, Barbosa Filho (2000) cita que as pesquisas realizadas pela Embrapa recomendam a utilização de fertilizantes nitrogenados de

60 a 150 kg ha<sup>-1</sup>, dependendo da época de plantio, quantidade e tipo de resíduo deixado na superfície do solo pela cultura anterior e da expectativa da produtividade de grãos, com isso a utilização de 25 kg ha<sup>-1</sup>, assim considerado conservador por Hungria (2013) os valores de redução poderiam chegar a 1 milhão de toneladas de e-CO<sub>2</sub>.

Nesse contexto, o manejo adequado da adubação nitrogenada representa uma das principais dificuldades da cultura do feijoeiro-comum, visto que a aplicação de doses excessivas de N, além de aumentar o custo econômico, pode promover sérios riscos ao ambiente e, a sua utilização em quantidade insuficiente pode limitar o potencial produtivo da cultura, mesmo que outros fatores de produção sejam otimizados (Santos et al., 2003).

Por outro lado, o uso de inoculantes rizobianos para o fornecimento de N para o feijoeiro-comum é muito baixo. Segundo a Associação Nacional dos Produtores e Importadores de Inoculantes (ANPII, 2015), a venda de inoculantes no Brasil em 2011 foi da ordem de 19,30 milhões de doses; contudo, para a cultura do feijoeiro-comum foi aproximadamente de 200 mil doses. Segundo as recomendações técnicas, esse volume é suficiente para inocular cerca de 100 mil hectares, dos 3 milhões cultivados no Brasil.

Estudos têm demonstrado que é possível que a cultura do feijoeiro-comum se beneficie, em condições de campo, do processo de fixação biológica de N<sub>2</sub>, podendo alcançar produtividade acima de 2.500 kg ha<sup>-1</sup> (Hungria et al., 2000). Deve-se, contudo, considerar que o sucesso da inoculação do feijoeiro-comum com estirpes de rizóbio com alta eficiência está associado à habilidade competitiva de tais estirpes e adaptação às condições ambientais (Mercante et al., 1999; Pelegrin et al., 2009). Sob condições ambientais adequadas, o N<sub>2</sub> atmosférico fixado pela simbiose pode atender à maior parte das necessidades do feijoeiro-comum (Hungria et al., 1985), representando redução dos custos de produção da cultura.

Com base no exposto, este trabalho teve como objetivo determinar a viabilidade econômica da co-inoculação de *Azospirillum brasilense* e *Rhizobium tropici* na cultura do feijoeiro-comum conduzida na safra de inverno.

## 4.2 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.2.1 Caracterização do local, delineamento experimental e tratamentos

Os ensaios foram conduzidos em quatro áreas distintas, para avaliação dos tratamentos em diferentes tipos de fertilidade do solo, tratos culturais e níveis tecnológicos.

O primeiro e quarto ensaios foram realizados na Embrapa – CNPAF, localizada no município de Santo Antônio de Goiás/GO, sob as coordenadas 16° 30'29.69" S, 49°16'35.50" O e altitude de 795 m, em 2013 e 15°29'11.96"S, 49°18'01.00"O e altitude de 773 m em 2014. O segundo ensaio foi conduzido em 2013 no município de Itaberaí/GO, na fazenda Piancó, pertencente ao Engº Agrº Fábio José Silva, sob as coordenadas 15°55'23,79"S, 49°44'08,36"O e altitude de 733 m. O terceiro ensaio foi conduzido em 2014 no município de Goianésia/GO, na fazenda Caução de Couro, pertencente ao produtor Marcos Suel Lopes Silva, sob as coordenadas 15°14'42,86"S, 49°09'18,55"O e altitude de 829 m.

O clima, em todos os locais onde os ensaios foram conduzidos, conforme classificação de Köppen é Aw, é do tipo tropical de savana, megatérmico. O regime pluvial é definido, com período seco de maio a setembro e o período chuvoso de outubro a abril, com precipitações médias variando de 75 a 125 mm no inverno e de 1.300 a 1.600 mm no verão (Silva et al., 2006).

Os experimentos foram conduzidos com a cultivar Pérola de feijoeiro-comum em delineamento de blocos casualizados com quatro repetições. As parcelas foram compostas com oito linhas de 8 m de comprimento, utilizando o espaçamento de 0,45 m. A instalação e condução dos experimentos foram realizadas segundo as normas estabelecidas no Protocolo oficial para avaliação da viabilidade e eficiência agrônômica de cepas, inoculantes e tecnologias relacionadas ao processo de fixação biológica do nitrogênio em leguminosas, conforme a Instrução normativa DAS/MAPA nº 13/2011 do MAPA (Brasil, 2011).

Os tratamentos realizados foram: Tratamento controle (TC); Testemunha nitrogenada (TN); Inoculação da semente com duas doses de *R. tropici* (Rt); Inoculação da semente com duas doses de *R. tropici* mais uma dose de *A. brasilense* (Rt+Ab1s); Inoculação da semente com duas doses de *R. tropici* mais duas doses de *A. brasilense* (Rt+Ab2s); Inoculação da semente com duas doses de *R. tropici* mais pulverização de duas doses de *A. brasilense* na fase fenológica V<sub>2</sub>/V<sub>3</sub> (Rt+Ab2p); Inoculação da semente com duas doses de *R. tropici* mais pulverização de três doses de *A. brasilense* na fase fenológica V<sub>2</sub>/V<sub>3</sub> (Rt+Ab3p).

#### **4.2.2 Custo de produção da cultura do feijoeiro-comum na safra de inverno no Centro-Oeste**

Para avaliação do custo da produção da cultura do feijoeiro-comum, foram utilizadas as informações levantadas pela Federação da Agricultura e Pecuária de Goiás (FAEG). Os dados utilizados foram do mês de junho de 2013 para os ensaios conduzidos em Santo Antônio de Goiás-2013 e Itaberaí-2013 e, do mês de junho de 2014, para os ensaios conduzidos em Santo Antônio de Goiás-2014 e Goianésia-2014 (FAEG, 2015). Para o levantamento do custo de produção foram levantados os preços, em cada época, para todas as operações realizadas durante a condução do experimento, do pré-plantio à colheita (Anexo).

#### **4.2.3 Determinação da receita bruta, líquida e retorno financeiro do feijoeiro-comum**

A receita bruta compreende o produto da venda de bens nas operações de conta própria, ou seja, a renda total de venda da produção agrícola, por um valor financeiro praticado no mercado regional e/ou nacional. A receita bruta foi realizada com a utilização da produção de grãos em cada tratamento realizado conforme Tabela 8, com o preço estabelecido da saca de feijão conforme as informações levantadas pela Federação da Agricultura e Pecuária de Goiás (FAEG, 2015). Os dados utilizados foram do mês de junho de 2013 para os ensaios conduzidos em Santo Antônio de Goiás/2013 e Itaberaí/2013 e, do mês de junho de 2014, para os ensaios conduzidos em Santo Antônio de Goiás/2014 e Goianésia/2014 (Anexo).

A receita líquida é o resultado da dedução dos custos de produção em relação a receita bruta. Conforme a Tabela 10 a receita líquida foi igual a dedução de custo de produção sobre a receita bruta por tratamento realizado. O retorno financeiro é caracterizado pela relação entre a quantidade de dinheiro ganho ou perdido como resultado de um investimento. Conforme a Tabela 10 o retorno financeiro foi obtido através da divisão de receita bruta pelo custo de produção, apresentando para cada real (R\$) investido, um retorno financeiro para cada tratamento realizado.

### **4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### 4.3.1 Custo de produção por tratamento da safra 2013

Conforme a Tabela 9, os dados colhidos são referentes as despesas com corretivos, operação com máquinas agrícolas, sementes, tratos culturais, mão-de-obra, irrigação, insumos químicos, colheita e transporte da produção com o custo total de R\$ 1.464,07, assim como o preço de R\$ 220,50 pela saca de 60 kg do feijoeiro-comum praticado no período.

Dos fatores utilizados para a produção, as despesas totais somaram R\$ 1.624,39 ha<sup>-1</sup>, subtraindo os fertilizantes e bactérias para avaliação individual por cada tratamento. Conforme a Tabela 9, demonstra os valores financeiros das bactérias *Rhizobium tropici* (nome comercial Masterfix<sup>®</sup> L-feijão) e *Azospirillum brasilense* (nome comercial Masterfix<sup>®</sup> L - Gramíneas), assim como a formulação do adubo 00-30-10 e 04-30-10.

O tratamento TC (tratamento controle) ao menor custo de R\$ 2.045,99 ha<sup>-1</sup> entre os tratamentos, não ocorrendo investimento nitrogenado e utilização do tratamento com bactérias. O tratamento TN (tratamento nitrogenado) com o custo de produção de R\$ 2.119,92 ha<sup>-1</sup>, sendo o maior entre todos os tratamentos, com a utilização do nitrogênio na formulação do adubo de plantio e cobertura. O tratamento Rt com custo de R\$ 1.913,87 ha<sup>-1</sup> com a utilização de duas doses de *Rhizobium tropici* no tratamento de sementes. O tratamento Rt+Ab1s, com um custo de R\$1.923,62 ha<sup>-1</sup> com a utilização de duas doses de *Rhizobium tropici* e uma dose de *Azospirillum brasilense* no tratamento de sementes. Os tratamentos Rt+Ab2s e Rt+Ab2p, possuem o mesmo custo de produção, ou seja, R\$ 1.933,37 ha<sup>-1</sup>, com o tratamento com duas doses de *Rhizobium tropici* via semente e duas doses de *Azospirillum brasilense* via pulverização foliar n estágio V<sub>2</sub>/V<sub>3</sub>, respectivamente. O tratamento Rt+Ab3p com o custo de R\$ 1.943,12 ha<sup>-1</sup>, com duas doses de *Rhizobium tropici* tratada em sementes e três doses de *Azospirillum brasilense* aplicados via foliar no estágio V<sub>2</sub>/V<sub>3</sub>.

**Tabela 9.** Custo da produção (custeio de insumos, operações com máquinas, pré-plantio, plantio, condução da lavoura, colheita, mão-de-obra, transporte, irrigação, *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense*) para cada tratamento<sup>1</sup> realizado na cultura do feijoeiro-comum, no Estado de Goiás (junho/2013) para a média de 2 locais de plantio (Embrapa – CNPAF/2013 e Itaberaí-GO/2013)

Operação	Valor (R\$)	Unid.	TC	TN	Rt	Rt+Ab1s	Rt+Ab2s	Rt+Ab2p	Rt+Ab3p
Total custeio pré-plantio		ha	202,17	202,17	202,17	202,17	202,17	202,17	202,17
Total custeio plantio		ha	383,76	383,76	383,76	383,76	383,76	383,76	383,76
Total custeio condução lavoura		ha	662,00	662,00	662,00	662,00	662,00	662,00	662,00
Total custeio da colheita		ha	178,64	178,64	178,64	178,64	178,64	178,64	178,64
Total custeio pós colheita		ha	37,50	37,50	37,50	37,50	37,50	37,50	37,50
Custo 1 dose <i>Rhizobium tropici</i>	3,00	dose	-	-	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
Custo 1 dose <i>Azospirillum brasilense</i>	9,75	dose	-	-	-	9,75	19,50	19,50	29,25
Custo tonelada 00-30-10 (0,4 ton/ha)	1.109,50	ton.	443,80	-	443,80	443,80	443,80	443,80	443,80
Custo tonelada 04-30-10 (0,4 ton/ha)	1.210,00	ton.	-	484,00*	-	-	-	-	-
Custo tonelada uréia	1.208,33	ton.	-	171,85**	-	-	-	-	-
<b>CUSTO TOTAL POR TRATAMENTO</b>			<b>1.907,87</b>	<b>2.119,92</b>	<b>1.913,87</b>	<b>1.923,62</b>	<b>1.933,37</b>	<b>1.933,37</b>	<b>1.943,12</b>

<sup>1</sup> TC- tratamento controle; TN- testemunha nitrogenada; Rt- inoculação da semente com duas doses de *R. tropici*; Rt+Ab1s- Inoculação da semente com duas doses de *R. tropici* mais uma dose de *A. brasilense*; Rt+Ab2s- Inoculação da semente com duas doses de *R. tropici* mais duas doses de *A. brasilense*; Rt+Ab2p- Inoculação da semente com duas doses de *R. tropici* mais pulverização de duas doses de *A. brasilense* na fase fenológica V<sub>2</sub>/V<sub>3</sub>; Rt+Ab3p- Inoculação da semente com duas doses de *R. tropici* mais pulverização de três doses de *A. brasilense* na fase fenológica V<sub>2</sub>/V<sub>3</sub>.

\*Valor em R\$ sobre 400 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula.

\*\*Valor em R\$ sobre 60 kg ha<sup>-1</sup> do insumo em cobertura.

Com o preço da saca de 60 kg de feijão fixado a R\$ 220,50 (R\$ 3,67 por quilo de grão produzido), a Receita Bruta obtida pelos produtores, por hectare, possui variação conforme a produção média de cada tratamento, demonstrado na Tabela 10 a relação Receita Bruta/Custo Produção (RB/CP) são positivas, ou seja, como a relação entre benefícios e custos é maior que TC, tem-se que os benefícios superam os custos do projeto, ou melhor, para cada R\$ 1,00 investido na produção de feijoeiro-comum o produtor obterá retorno adicional.

O tratamento TC (tratamento controle) foi o de menor retorno financeiro, ou seja, para um real investido, o retorno foi de R\$ 4,23, conforme Tabela 10.

**Tabela 10.** Custo da produção (CP), receita bruta (RB), receita líquida (RL) e retorno financeiro (RF) sobre sete tratamentos<sup>1</sup> realizados na média de dois locais de plantio no ano de 2013 (Embrapa – CNPAF e Itaberaí/GO)

Tratamentos	CP (R\$ ha <sup>-1</sup> )	RB (R\$ ha <sup>-1</sup> )	RL (R\$ ha <sup>-1</sup> )	RF (R\$ R\$ <sup>-1</sup> investido)
TC	1.907,87	8.060,34	6.152,47	4,23
TN	2.119,92	10.394,77	8.274,85	4,90
Rt	1.913,87	10.137,16	8.223,29	5,30
Rt+Ab1s	1.923,62	9.671,31	7.747,69	5,03
Rt+Ab2s	1.933,37	9.462,39	7.529,02	4,89
Rt+Ab2p	1.933,37	9.332,59	7.399,22	4,83
Rt+Ab3p	1.943,12	10.729,75	8.786,63	5,52

<sup>1</sup> TC- tratamento controle; TN- testemunha nitrogenada; Rt- inoculação da semente com duas doses de *R. tropici*; Rt+Ab1s- Inoculação da semente com duas doses de *R. tropici* mais uma dose de *A. brasilense*; Rt+Ab2s- Inoculação da semente com duas doses de *R. tropici* mais duas doses de *A. brasilense*; Rt+Ab2p- Inoculação da semente com duas doses de *R. tropici* mais pulverização de duas doses de *A. brasilense* na fase fenológica V<sub>2</sub>/V<sub>3</sub>; Rt+Ab3p- Inoculação da semente com duas doses de *R. tropici* mais pulverização de três doses de *A. brasilense* na fase fenológica V<sub>2</sub>/V<sub>3</sub>.

O tratamento TN (testemunha nitrogenada 80 kg ha<sup>-1</sup> de N) apresentou o retorno de R\$ 4,90 para cada real investido ou o tratamento apresenta uma rentabilidade média de 490% em relação ao capital investido, e apresentando um retorno superior ao tratamento TC (tratamento controle) de R\$ 2.122,38,32 por ha<sup>-1</sup>, conforme demonstra a Tabela 10.

O tratamento Rt (tratamento com inoculação da semente com duas doses de *Rhizobium tropici*) obteve o retorno de R\$ 5,30 para cada real investido, com rentabilidade média de 530% em relação ao capital investido, apresentando retorno superior de R\$

2.070,82 e -R\$ 51,56 respectivamente aos tratamentos TC (tratamento controle) e TN (testemunha nitrogenada 80 kg ha<sup>-1</sup> de N), descrito na Tabela 10.

O tratamento Rt+Ab3p (Inoculação da semente com duas doses de *Rhizobium tropici* no plantio, mais uma pulverização de três doses de *Azospirillum brasilense* na fase fenológica V<sub>2</sub>/V<sub>3</sub>) foi o de melhor retorno financeiro, demonstrando que a cada real aplicado, houve um retorno de R\$ 5,52, ou seja, um aumento do retorno financeiro de 552%, com retorno de R\$ 2.634,16 e R\$ 511,78 superiores aos tratamentos TC (tratamento controle) e TN (testemunha nitrogenada 80 kg ha<sup>-1</sup> de N) respectivamente, demonstrado na Tabela 10.

#### 4.3.2 Custo de produção por tratamento da safra 2014

Dos fatores utilizados para a produção, as despesas totais somaram R\$ 1.624,39 ha<sup>-1</sup>, subtraindo os fertilizantes e bactérias para avaliação individual por cada tratamento. Conforme a Tabela 11, demonstra os valores financeiros das bactérias *Rhizobium tropici* (nome comercial Masterfix<sup>®</sup> L-feijão) e *Azospirillum brasilense* (nome comercial Masterfix<sup>®</sup> L-Gramíneas), assim como a formulação do adubo (N, P, K) 00-30-10 e 04-30-10.

O tratamento TC (tratamento controle) ao custo de R\$ 2.045,99 ha<sup>-1</sup> foi o menor entre os tratamentos, por não haver investimento nitrogenado e utilizações dos tratamentos com bactérias. O tratamento TN (tratamento nitrogenado) possui um custo de produção de R\$ 2.263,23 ha<sup>-1</sup>, sendo o maior entre todos os tratamentos, devido a utilização do nitrogênio na formulação do adubo de plantio e cobertura. O tratamento Rt com custo de R\$ 2.052,53 ha<sup>-1</sup> com a utilização de duas doses de *Rhizobium tropici* no tratamento de sementes. O tratamento Rt+Ab1s, com um custo de R\$ 2.063,09 ha<sup>-1</sup> com a utilização de duas doses de *Rhizobium tropici* e uma dose de *Azospirillum brasilense* no tratamento de sementes. Os tratamentos Rt+Ab2s e Rt+2p, possuem o mesmo custo de produção, ou seja, R\$ 2.073,65 ha<sup>-1</sup>, com o tratamento com duas doses de *Rhizobium tropici* na semente e duas doses de *Azospirillum brasilense*, sendo o tratamento Rt+Ab2s com tratamento na semente e o tratamento Rt+Ab2p realizado em pulverização foliar no estágio V<sub>2</sub>/V<sub>3</sub>. O tratamento Rt+Ab3p com o custo de R\$ 2.084,21 ha<sup>-1</sup>, com duas doses de *Rhizobium tropici* tratada em sementes e três doses de *Azospirillum brasilense* aplicados via foliar no estágio V<sub>2</sub>/V<sub>3</sub>.

**Tabela 11.** Custo da produção (custeio de insumos, operações com máquinas, pré-plantio, plantio, condução da lavoura, colheita, mão-de-obra, transporte, irrigação, *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense*) para cada tratamento<sup>1</sup> realizado na cultura do feijoeiro-comum, no Estado de Goiás (junho/2014) para a média de 2 locais de plantio (Goianésia-GO/2014 e Embrapa – CNPAF/2014)

Operação	Valor (R\$)	Unid.	TC	TN	Rt	Rt+Ab1s	Rt+Ab2s	Rt+Ab2p	Rt+Ab3p
Total custeio pré-plantio		ha	206,22	206,22	206,22	206,22	206,22	206,22	206,22
Total custeio plantio		ha	425,38	425,38	425,38	425,38	425,38	425,38	425,38
Total custeio condução lavoura		ha	776,66	776,66	776,66	776,66	776,66	776,66	776,66
Total custeio da colheita		ha	178,63	178,63	178,63	178,63	178,63	178,63	178,63
Total custeio pós colheita		ha	37,50	37,50	37,50	37,50	37,50	37,50	37,50
Custo 1 dose <i>Rhizobium tropici</i>	3,27	dose	-	-	6,54	6,54	6,54	6,54	6,54
Custo 1 dose <i>Azospirillum brasilense</i>	10,56	dose	-	-	-	10,56	21,12	21,12	31,68
Custo tonelada 00-30-10	1.054,00	ton.	421,60	-	421,60	421,60	421,60	421,60	421,60
Custo tonelada 04-30-10	1.142,00	ton.	-	456,80*	-	-	-	-	-
Custo tonelada uréia	1.280,00	ton.	-	182,04**	-	-	-	-	-
Custo total por tratamento			2.045,99	2.263,23	2.052,53	2.063,09	2.073,65	2.073,65	2.084,21

<sup>1</sup>TC- tratamento controle; TN- testemunha nitrogenada; Rt- inoculação da semente com duas doses de *R. tropici*; Rt+Ab1s- Inoculação da semente com duas doses de *R. tropici* mais uma dose de *A. brasilense*; Rt+Ab2s- Inoculação da semente com duas doses de *R. tropici* mais duas doses de *A. brasilense*; Rt+Ab2p- Inoculação da semente com duas doses de *R. tropici* mais pulverização de duas doses de *A. brasilense* na fase fenológica V<sub>2</sub>/V<sub>3</sub>; Rt+Ab3p- Inoculação da semente com duas doses de *R. tropici* mais pulverização de três doses de *A. brasilense* na fase fenológica V<sub>2</sub>/V<sub>3</sub>.

\*Valor em R\$ sobre 400 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula.

\*\*Valor em R\$ sobre 60 kg ha<sup>-1</sup> do insumo em cobertura.

Conforme a Tabela 12, os dados colhidos são referentes as despesas com corretivos, operação com máquinas agrícolas, sementes, mão-de-obra, tratos culturais, irrigação, insumos químicos, colheita e transporte da produção ao custo total de R\$1.624,39, assim como o preço de R\$76,94 pela saca do feijoeiro-comum praticado no período.

Com o preço da saca de 60 kg de feijão fixado a R\$76,94 (R\$1,28 por quilo de grão produzido), a Receita Bruta obtida pelos produtores, por hectare, possui variação conforme a produção média de cada tratamento, demonstrado na Tabela 12 a relação Receita Bruta/Custo Produção (RB/CP) são positivas, ou seja, como a relação entre benefícios e custos é maior que o tratamento TC, tem-se que os benefícios superam os custos do projeto, ou melhor, para cada R\$1,00 investido na produção de feijoeiro-comum o produtor obterá retorno adicional.

O tratamento TC (tratamento controle) foi o de menor retorno financeiro, ou seja, para um real investido, o retorno foi de R\$1,37 conforme a Tabela 12.

**Tabela 12.** Custo de produção (CP), receita bruta (RB), receita líquida (RL) e retorno financeiro (RF) sobre sete tratamentos<sup>1</sup> realizados na média de dois locais de plantio no ano de 2014 (Goianésia/GO e Embrapa – CNPAF)

Tratamentos	CP (R\$ ha <sup>-1</sup> )	RB (R\$ ha <sup>-1</sup> )	RL (R\$ ha <sup>-1</sup> )	RF (R\$ R\$ <sup>-1</sup> investido)
TC	2.045,99	2.812,52	766,53	1,37
TN	2.263,23	3.627,08	1.363,85	1,60
Rt	2.052,53	3.537,19	1.484,66	1,72
Rt+Ab1s	2.063,09	3.374,64	1.311,55	1,64
Rt+Ab2s	2.073,65	3.301,74	1.228,09	1,59
Rt+Ab2p	2.073,65	3.256,45	1.182,80	1,57
Rt+Ab3p	2.084,21	3.743,97	1.659,76	1,80

<sup>1</sup> TC- tratamento controle; TN- testemunha nitrogenada; Rt- inoculação da semente com duas doses de *R. tropici*; Rt+Ab1s- Inoculação da semente com duas doses de *R. tropici* mais uma dose de *A. brasilense*; Rt+Ab2s- Inoculação da semente com duas doses de *R. tropici* mais duas doses de *A. brasilense*; Rt+Ab2p- Inoculação da semente com duas doses de *R. tropici* mais pulverização de duas doses de *A. brasilense* na fase fenológica V<sub>2</sub>/V<sub>3</sub>; Rt+Ab3p- Inoculação da semente com duas doses de *R. tropici* mais pulverização de três doses de *A. brasilense* na fase fenológica V<sub>2</sub>/V<sub>3</sub>.

O tratamento TN (testemunha nitrogenada 80 kg ha<sup>-1</sup> de N) apresentou o retorno de R\$ 1,60 para cada real investido ou o tratamento apresenta uma rentabilidade média de

60% em relação ao capital investido, e apresentado um retorno superior a tratamento TC (tratamento controle) de R\$ 597,32 por ha<sup>-1</sup>, demonstrado na Tabela 12.

O tratamento Rt (tratamento com inoculação da semente com duas doses de *Rhizobium tropici*) apresentado na Tabela 12, obteve o retorno de R\$ 1,72 para cada real investido, com rentabilidade média de 72% em relação ao capital investido, apresentando retorno superior de R\$ 718,13 e R\$ 120,81 respectivamente aos tratamentos TC (tratamento controle) e TN (testemunha nitrogenada 80 kg ha<sup>-1</sup> de N).

O tratamento Rt+Ab3p (Inoculação da semente com duas doses de *Rhizobium tropici* no plantio, mais uma pulverização de três doses de *Azospirillum brasilense* na fase fenológica V<sub>2</sub>/V<sub>3</sub>) apresentado na Tabela 12 foi o de melhor retorno financeiro, demonstrando que a cada real aplicado, houve um retorno de R\$1,80, ou seja, um aumento do retorno financeiro de 80%, com retorno de R\$ 893,23 e R\$ 295,91 superiores aos tratamentos TC (tratamento controle) e TN (testemunha nitrogenada 80 kg ha<sup>-1</sup> de N) respectivamente.

#### 4.3.3 Valores de significância do teste F

Para fonte de avaliação de fontes de nitrogênio a análise de variância demonstra diferença significativa, ao nível de 1% para receita bruta, receita líquida e retorno financeiro referente aos locais e tratamentos, conforme Tabela 13.

**Tabela 13.** Valores e significância do teste F para os efeitos de local (L), fonte de N e suas interações (L x N) sobre a receita bruta (RB – R\$ ha<sup>-1</sup>), receita líquida (RL – R\$ ha<sup>-1</sup>) e retorno financeiro (R\$ R\$<sup>-1</sup>)

Fonte de variação	GL	RB	RL	RF
Local (L)	3	383,39**	400,57**	412,71**
Tratamentos (T)	6	5,54**	5,02**	4,61**
L x T	18	2,37*	2,38*	2,59*
CV%	-	15,32	22,33	15,53

\* Significativo (p<0,05); \*\* Significativo (p < 0,01); <sup>ns</sup> Não Significativo pelo teste F; CV – coeficiente de variação.

Para a interação entre o local e os tratamentos demonstrou uma diferença significativa de 5% sobre a receita bruta, receita líquida e retorno financeiro.

#### 4.3.4 Avaliação do retorno financeiro dos tratamentos

Os experimentos realizados em Itaberai, GO (2013) e Embrapa- CNPAF (2013), não diferiram entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade, com retorno financeiro positivo, onde para cada real aplicado, houve um retorno de R\$4,96 e R\$4,79 respectivamente, sendo superiores estatisticamente aos experimentos realizados na Embrapa-CNPAF (2014) e Goianésia, GO (2014).

As avaliações sobre as médias dos tratamentos realizados (Tabela 14) demonstram não haver diferença estatística, conforme o teste de Scott Knott à nível de 5% de probabilidade para os tratamentos TN - testemunha nitrogenado, Rt - tratamento com inoculação da semente com duas doses de *R. tropici*, Rt+Ab1s - Tratamento com Inoculação da semente com duas doses de *R. tropici* (SEMIA 4080) mais uma dose de *A. brasilense* (AbV-5); Rt+Ab2s - Tratamento com Inoculação da semente com duas doses de *R. tropici* (SEMIA 4080) mais duas doses de *A. brasilense* (AbV-5), Rt+Ab2p - Tratamento com Inoculação da semente com duas doses de *R. tropici* (SEMIA 4080), mais uma pulverização de duas doses de *A. brasilense* (AbV-5) na fase fenológica V<sub>2</sub>/V<sub>3</sub> e Rt+Ab3p - Inoculação da semente com duas doses de *R. tropici* (SEMIA 4080), mais uma pulverização de três doses de *A. brasilense* (AbV-5) na fase fenológica V<sub>2</sub>/V<sub>3</sub>, porém são superiores ao tratamento TC.

O tratamento TN (testemunha nitrogenada 80 kg ha<sup>-1</sup> de N) apresentou o retorno médio de R\$ 3,18 para cada real investido ou o tratamento apresenta uma rentabilidade média de 318% em relação ao capital investido, e apresentado um retorno superior a tratamento TC (tratamento controle) de 14,77% ou R\$ 1.381.02 por ha<sup>-1</sup> apresentado na Tabela 14.

O tratamento Rt (tratamento com inoculação da semente com duas doses de *R. tropici*) obteve o retorno médio de R\$ 3,35 ou 335% para cada real investido, apresentando retorno superior de R\$ 1.249,90 por ha<sup>-1</sup>, em relação ao tratamento TC (tratamento controle).

Dentre os tratamentos realizados com a co-inoculação com *A. brasilense*, o tratamento Rt+Ab3p (Inoculação da semente com duas doses de *R. tropici* no plantio, mais uma pulverização de três doses de *A. brasilense* na fase fenológica V<sub>2</sub>/V<sub>3</sub>) foi o de melhor média do retorno financeiro numérico, demonstrando que a cada real aplicado, houve um

retorno de R\$ 3,58, ou seja, um aumento do retorno financeiro de 358% sobre o capital investido, e com retorno de R\$ 1.789,92 e R\$ 408,90 superiores aos tratamentos TC (tratamento controle) e TN (testemunha nitrogenada 80 kg ha<sup>-1</sup> de N) respectivamente.

**Tabela 14.** Avaliação do efeito de local e tratamentos<sup>1</sup> sobre os aspectos da receita bruta (RB), receita líquida (RL) e retorno financeiro (RF) na cultura do feijoeiro-comum na média de quatro experimentos realizados (2013 e 2014)

Variáveis	RB (R\$ ha <sup>-1</sup> )	RL (R\$ ha <sup>-1</sup> )	RF (R\$)
Local (L)			
Santo Antônio de Goiás-2013	9.363,14 a	7.409,26 a	4,79 a
Itaberaí-2013	9.684,43 a	7.730,55 a	4,96 a
Goianásia-2014	2.332,24 c	238,48 c	1,11 c
Santo Antônio de Goiás-2014	4.400,40 b	2.306,63 b	2,10 b
Tratamentos (T)			
TC	5.269,38 b	3.291,45 b	2,71 b
TN	6.963,99 a	4.672,47 a	3,18 a
Rt	6.524,55 a	4.541,35 a	3,35 a
Rt+Ab1s	6.612,69 a	4.619,33 a	3,38 a
Rt+Ab2s	6.348,26 a	4.344,75 a	3,23 a
Rt+Ab2p	6.401,45 a	4.397,94 a	3,26 a
Rt+Ab3p	7.095,03 a	5.081,37 a	3,58 a

<sup>1</sup> TC- tratamento controle; TN- testemunha nitrogenada; Rt- inoculação da semente com duas doses de *R. tropici*; Rt+Ab1s- inoculação da semente com duas doses de *R. tropici* mais uma dose de *A. brasilense*; Rt+Ab2s- Inoculação da semente com duas doses de *R. tropici* mais duas doses de *A. brasilense*; Rt+Ab2p- Inoculação da semente com duas doses de *R. tropici* mais pulverização de duas doses de *A. brasilense* na fase fenológica V<sub>2</sub>/V<sub>3</sub>; Rt+Ab3p- Inoculação da semente com duas doses de *R. tropici* mais pulverização de três doses de *A. brasilense* na fase fenológica V<sub>2</sub>/V<sub>3</sub>. Médias seguidas por mesma letra nas colunas não diferem pelo teste de Scott Knott em nível de 5% de probabilidade (P<0,05)

#### 4.4 CONCLUSÕES

- i. O tratamento Rt+Ab3p apresentou retorno médio financeiro de R\$3,58 para cada real investido com um incremento de 358%, sendo superior numericamente as médias dos demais tratamentos.
- ii. A tecnologia da co-inoculação de *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense* é uma opção para o produtor para substituição parcial ou total de fontes químicas nitrogenadas para a cultura do feijoeiro-comum no Estado de Goiás.

#### 4.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de fertilizantes nitrogenados são de grande importância para o aumento da produtividade na cultura do feijoeiro-comum, porém para o agricultor brasileiro o custo dos fertilizantes vem aumentando significativamente ano após ano, assim como o aumento de riscos ambientais. A utilização da co-inoculação com *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense*, deverão contribuir para um melhor manejo dos fertilizantes nitrogenados na cultura, substituindo parcialmente ou totalmente os mesmos, assim como: a diminuição do custo financeiro para produção; riscos ambientais; auxiliar nas metas assumidas da COP-15 e COP-16 com a redução da emissão de GEE e o aumento da produtividade na agricultura familiar, pequenos, médios e grandes produtores brasileiros das regiões do Centro-Oeste brasileiro.

## 5 REFERÊNCIAS

- ANDA. Associação Nacional para Difusão de Adubos. **Publicações**. Disponível em: <<http://www.anda.org.br/index.php?mpg=06.00.00&ver=por>> Acesso em: 02 dez. 2014.
- ANDRAUS, M. P. **Nodulação de cultivares de feijoeiro-comum influenciada por diferentes ciclos de crescimento**. 2014. 73 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Água)-Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia. 2014.
- ANPII. ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS PRODUTORES E IMPORTADORES DE INCULANTES. **Vendas de inoculantes das empresas filiadas a ANPII**. 2011. Paraná. Disponível em: <<http://www.anpii.org.br/site/conteudo/pagina/1,7+Estatisticas.html>> Acesso em 18 ago. 2015.
- ARAÚJO, A. P.; TEIXEIRA, M. G.; ALMEIDA, D. L. Growth and yield of common bean cultivars at two soil phosphorus levels under biological nitrogen fixation. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 4, p. 809-817, 2000.
- ARAUJO, F. F.; CARMONA, F. G.; TIRITAN, C. S.; CRESTE, J. E. Fixação biológica de N<sub>2</sub> no feijoeiro-comum submetido a dosagens de inoculante e tratamento químico na semente comparado à adubação nitrogenada. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 29, n. 4, p. 535-540, 2007.
- ARAUJO, F. F.; MUNHOZ, R. E. V.; HUNGRIA, M. Início da nodulação em sete cultivares de feijoeiro-comum inoculadas com duas estirpes de *Rhizobium*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 6, p. 435-443, 1996.
- ARAUJO, R. S.; HUNGRIA, M. **Microorganismos de importância agrícola**. Brasília: EMBRAPA – CNPAF, 1994, 236P. ((Documentos, 44).
- BÁRBARO, I. M.; BRANCALIÃO, S. R.; TICELLI, M.; MIGUEL, F. B.; SILVA, J. A. A. D. **Técnica alternativa: co-inoculação de soja com *Azospirillum* e *Bradyrhizobium* visando incremento e produtividade**, 2008. Disponível em: <[www.infobibos.com/Artigos/2008\\_4/coinoculacao/index.htm](http://www.infobibos.com/Artigos/2008_4/coinoculacao/index.htm)>. Acesso em: 18 dez. 2014.
- BARBOSA, F. R.; GONZAGA, A. C. O. **Informações Técnicas para o cultivo do feijoeiro-comum na região Central-Brasileira**. Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA-CNPAF, 2012, 247p. (Documentos, 272).
- BARBOSA, G. F.; ARF, O.; NASCIMENTO, M. S.; BUZETTI, S. Nitrogênio em cobertura e molibdênio foliar no feijoeiro de inverno. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 1, p. 117-123, 2010.
- BARBOSA FILHO, M. P.; SILVA, O. F. da. Adubação e calagem para o feijoeiro irrigado em solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 7, p. 1317-1324, 2000.

BARRADAS, C. A. A.; BODDEY, L. H.; HUNGRIA, M. Seleção de cultivares de feijão e estirpes de *Rhizobium* para nodulação precoce e senescência tardia dos nódulos. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Viçosa, v. 13, n. 2, p. 169-179, 1989.

BASHAN, Y.; BASHAN, L. E. de. **Bacteria/Plant Growth-Promoting**. In: HILLEL, D. (Ed.) Encyclopedia of soils in the environment. Oxford: Elsevier, 2005. v.1, p. 103-115.

BASHAN, Y.; LEVANONY, H. **Current status of *Azospirillum* inoculation technology: *Azospirillum* as a challenge for agriculture**. Canadian Journal of Microbiology. V. 36, p. 591-608. 1990.

BODDEY, R. M.; MÜLLER, S. H. & ALVES, B. J. R. Estimation of the contribution of biological N<sub>2</sub> fixation to two *Phaseolus vulgaris* genotypes using simulation of plant nitrogen uptake from <sup>15</sup>N-labelled soil. **Fertilizer Research**, San Francisco, v. 45, p. 169-185, 1996.

BORTOLOTTO, R. P.; BRUNO, I. P.; REICHARDT, K.; TIMM, L. C.; AMADO, T. J. C.; FERREIRA, A. O. **Nitrogen fertilizer (<sup>15</sup>N) leaching in a central pivot fertigated coffee crop**. Revista Ceres, v. 59, p. 466-475, 2012.

BRASIL - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa Nº 13**, de 24/03/2011. Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis/>>. Acesso em: 20 dez. 2014.

CAVALLETI, L. E.; PESSOA, A. C. S.; HELMICH, J. J.; HELMICH, P. R.; OST, C. F. Produtividade do milho em resposta à aplicação de nitrogênio e inoculação das sementes com *Azospirillum spp.* **Revista Brasileira de Engenharia. Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4. n. 1, p. 129-132, 2000.

CHUEIRE, L.M.; BANGEL, E. V.; MOSTASSO, F. L.; CAMPO, R. J.; PEDROSA, F. O.; HUNGRIA, M. Classificação taxonômica das estirpes de rizóbio recomendadas para as culturas da soja e do feijoeiro-comum, baseada no sequenciamento do gene 16S rRNA. **R. Brasileira Ciências do Solo**, Viçosa, v. 27, p. 833-840, 2013.

COATTI, G. C.; ANDRADE, D. S.; CARDOSO, J. D.; MATOS, M. A. Produção de AIA e diversidade fenotípica de estirpes elite de rizóbio isoladas de feijoeiro-comum. **Unopar Científica Ciências Biológicas e da Saúde**, v. 12, p. 49-53, 2010.

COBUCCI, T.; WRUCK, F. J. **Resultados obtidos na Área Pólo de Feijão no período de 2002 a 2004**. Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA – CNPAF, 2005, 107 p. (Documentos, 174).

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos, nono levantamento, junho, 2015**. Brasília. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15\\_06\\_11\\_09\\_00\\_38\\_boletim\\_graos\\_junho\\_2015.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_06_11_09_00_38_boletim_graos_junho_2015.pdf)> Acesso em: 21 jul. 2015.

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos, décimo segundo levantamento, setembro, 2015**. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15\\_09\\_11\\_10\\_42\\_03\\_boletim\\_graos\\_setembro\\_2015.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_09_11_10_42_03_boletim_graos_setembro_2015.pdf)> Acesso em: 23 de set. 2015.

CORREA, O. S.; ROMERO, A. M.; SORIA, M. A.; DE ESTRADA, M. ***Azospirillum brasilense*-plant genotype interactions modify tomato response to bacterial diseases, and root and foliar microbial communities**. In: CASSÁN, F.D.; GARCIA DE SALAMONE, I. (Ed.) *Azospirillum* sp.: cell physiology, plant interactions and agronomic research in Argentina. Asociación Argentina de Microbiología, Buenos Aires, p. 87-95. 2008.

CORSINI, D. C. D. C. **Inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* e *Rhizobium tropici* e adubação nitrogenada em cobertura em feijoeiro-comum de inverno irrigado em sistema de plantio direto**. 2014. 77 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia, área Sistemas de Produção). Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Ilha Solteira, São Paulo, 2014.

DALCHIAVON, F. C.; CARVALHO, M. P.; FREDDI, O. S.; ANDREOTTI, M.; MONTANARI, R. Variabilidade espacial da produtividade do feijoeiro correlacionada com atributos químicos de um Latossolo Vermelho Distroférico sob sistema de semeadura direta. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 4, p. 908-916, 2011.

DEL PELOSO, M. J.; MELO, L. C. **Potencial de rendimento da cultura do feijoeiro-comum**. Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA-CNPAF, p. 131, 2005.

DERAL – DEPARTAMENTO DE ECONOMIA AGROPECUÁRIA. **Feijão – Análise da Conjuntura Agropecuária**, outubro de 2013. Paraná. Disponível em: <[http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/feijao\\_2013\\_14.pdf](http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/feijao_2013_14.pdf)> Acesso em: 21 dez, 2014.

DIDONET, A. D.; RODRIGUES, O.; KENNER, M. H. Acúmulo de nitrogênio e de massa seca em plantas de trigo inoculadas com *Azospirillum brasilense*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 31, n. 9, p. 645-651. 1996.

DÖBEREINER, J. & RUSCHEL, A. P. **Fixação simbiótica do nitrogênio atmosférico em feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). I – Influência do solo e da variedade**. Rio de Janeiro: Instituto de Ecologia e Experimentação Agrícola, 1961. 16 p. (IEEA. Comunicado Técnico, 10).

DÖBEREINER, J.; BALDANI, J. I. Bases científicas para uma agricultura biológica. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 34, n. 7, p. 869-881, 1982.

ELMI, A. A.; MADRAMOOTOO, C.; EGEH, M.; HAMEL, C. Water and Fertilizer Nitrogen Management to Minimize Nitrate Pollution from a Cropped Soil in Southwestern Quebec, Canadá. **Water, Air, & Soil Pollution**, Dordrecht, v. 151, n. 1-4, p. 117-134, 2004.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. Ed. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 212 p. 1997. (Embrapa – CNPS, Documentos, 1).

FAEG - FEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DE GOIÁS. **Estimativa de custo de produção do feijão irrigado no Estado de Goiás**, junho, 2015. Goiânia. Disponível em: <<http://sistemafaeg.com.br/custo-de-producao-feijao-irrigado>> Acesso em: 18 jul. 2015.

FAEG - FEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DE GOIÁS. **Feijão irrigado, custo de produção**. Agosto de 2015. Goiás. Disponível em: <<http://sistemafaeg.com.br/mercados-e-cotacoes/outros/fertilizantes>> Acesso em: em 19 de ago 2015.

FANCELLI, L. A.; DOURADO, D. **Feijão: estratégias de manejo para alta produtividade**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. ed. 1, 159p. 2007.

FAO, FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS-FAO. **FAOSTAT: statistics database**. 2015. Disponível em: <[http://faostat3.fao.org/browse/T/\\*/E](http://faostat3.fao.org/browse/T/*/E)>. Acesso em: 22 out. 2015.

FERLINI, H. A. **Co-Inoculación en Soja (*Glycine max*) con *Bradyrhizobium japonicum* y *Azospirillum brasilense***. 2006. Disponível em: <[http://www.engormix.com/co\\_inoculacion\\_soja\\_glycine\\_s\\_articulos\\_800\\_AGR.htm](http://www.engormix.com/co_inoculacion_soja_glycine_s_articulos_800_AGR.htm)>. Acesso em: 20 dez. 2014.

FERNANDES JÚNIOR, P. I.; REIS, V. M. **Algumas limitações a fixação biológica de nitrogênio em leguminosas**. Embrapa-CNPq. Seropédica. 33 p. 2008. (Documentos, 252).

FERREIRA, D. F. Sisvar, a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**. V. 35, p. 1039-1042, 2011.

FERREIRA, E. P. B.; DIDONET, A. D. **Desempenho Agronômico do feijoeiro-comum comum sob sistemas de manejo do solo e uso de adubos verdes**. Campinas: IAC, 2008, p. 1562-1564. (Documentos, 85).

FRANCO, A. A. & DÖBEREINER, J. Especificidade hospedeira na simbiose com *Rhizobium*-feijão e influência de diferentes nutrientes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 2, p. 467-474, 1967.

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

HUNGRIA, M. **Inoculação com *Azospirillum brasilense*: inovação em rendimento a baixo custo.** Londrina: EMBRAPA – SOJA, 2011, 36p. (Documentos, 325). Disponível em: <<http://www.cnpso.embrapa.br/download/doc325.pdf>>. Acesso em: 20 jan. 2015.

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

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J. & MENDES, I. C. Benefits of inoculation of the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) crop with efficient and competitive *Rhizobium tropici* strains. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v.39, p.88-93, 2003.

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

HUNGRIA, M.; MENDES, I. C.; MERCANTE, F. M. **A fixação biológica do nitrogênio como tecnologia de baixa emissão de carbono para as culturas do feijoeiro-comum e da soja.** Londrina: EMBRAPA-SOJA, 2013, 24 p. (Documentos, 337).

HUNGRIA, M.; MENDES, I. C.; REIS JUNIOR, F. B. **20 perguntas e respostas sobre fixação biológica de nitrogênio.** Planaltina: EMBRAPA-CERRADOS, 2010, 19p. (Documentos, 281).

HUNGRIA, M.; NEVES, M. C. P.; VICTORIA, R. L. Assimilação do nitrogênio pelo feijoeiro-comum; Absorção e translocação do N mineral e do N<sub>2</sub> fixado. **Revista Brasileira Ciências do Solo**, v. 9: p. 202-209. 1985.

HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A.; ARAUJO, R. S. Testes de eficiência agrônômica da tecnologia de coinoculação de rizóbios e *Azospirillum* em soja e feijoeiro. In: ANAIS DA XVI REUNIÃO DA REDE DE LABORATÓRIOS PARA RECOMENDAÇÃO, PADRONIZAÇÃO E DIFUSÃO DE TECNOLOGIA DE INOCULANTES MICROBIANOS DE INTERESSE AGRÍCOLA (RELARE). 2012, Londrina. **Resumos...** Londrina: 2012. Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/990870/1/Testesdeeficienciaagronomicadatecnologiadecoinoculacaoderizobioseazospirillumemsojaefeijoeiro.pdf>>. Acesso em: 18 jun. 2015.

HUNGRIA, M.; TEIXEIRA, M. A.; ARAUJO, R. S. **Fixação biológica do nitrogênio em feijoeiro-comum.** Planaltina: Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados-CPAC, p. 189-294. 1997.

HUNGRIA, M.; VARGAS, M. A. T. Environmental factors impacting N<sub>2</sub> fixation in legumes grown in the tropics, with an emphasis on Brazil. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 65, p. 151-164, 2000.

- KANEKO, F. H.; ARF, O.; GITTI, D. C.; ARF, M. V.; FERREIRA, J. P.; BUZETTI, S. Mecanismos de abertura de sulcos, inoculação e adubação nitrogenada em feijoeiro-comum em sistema plantio direto. **Bragantia**. Campinas, v. 69, n. 1, p. 125-133, 2010.
- KIM, S.; DALE, B. E. Effects of Nitrogen Fertilizer Application on Greenhouse Gas Emissions and Economics of Corn Production. **Environmental Science Technology**, v. 42, n. 16, p. 6028-6033, 2008.
- KLUTHCOUSKI, J.; FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D.; RIBEIRO, C. M.; FERRARO, L. A. Manejo do solo e o rendimento de soja, milho, feijão e arroz em plantio direto. **Scientia Agricola**, v. 57, p. 97-104, 2000.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Potafos, 1989, 201 p.
- MARIN, V. A.; BALDANI, V. L. D.; TEIXEIRA, K. R. S.; BALDANI, J. I. Fixação Biológica de Nitrogênio: **Bactérias Fixadoras de Nitrogênio de Importância para a Agricultura Tropical**. Seropédica: EMBRAPA-CNPAB, 1999, 24 p. (Documentos, 91).
- MARIOT, E. J. **Ecofisiologia do feijoeiro-comum**. In: IAPAR, ed. O feijão no Paraná. Londrina: IAPAR, 1989, p. 25-41. (IAPAR. Circular 63).
- MATHESIUS, U. Auxin: at the root of nodule development? **Functional Plant Biology**, v. 35, p. 651-668, 2008.
- MATOSO, S. C. G.; KUSDRA, J. F. Nodulação e crescimento do feijoeiro-comum em resposta à aplicação de molibdênio e inoculante rizobiano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v. 18, p. 567-573, 2014.
- MERCANTE, F. M.; TEIXEIRA, M. G.; ABOUD, A. C. S.; FRANCO, A. A. Avanços biotecnológicos na cultura do feijoeiro-comum sob condições simbióticas. **Revista de Ciências da Vida**, v. 21: p. 127-146, 1999.
- MEIRELLES, F. C.; CORSINI, D. C. D. C.; GERLACH, G. A. X.; DA SILVA, J. C.; GITTI, D. C.; DE SOUZA, E.; PORTUGAL, J. R.; ARF, O. Coinoculação de *Azospirillum brasilense* e *rhizobium tropici* em feijão em cultivo irrigado. In: **Congresso nacional de pesquisa de feijão (CONAFE)**, 10, 2014, Londrina. Anais Web, Londrina: IAPAR, jul. 2014. Disponível em: <[http://www.conafe2014.com.br/\\_apps/trabalhos/277/277\\_1.rtf](http://www.conafe2014.com.br/_apps/trabalhos/277/277_1.rtf)>. Acessado em: 15 de jul.2015.
- MORÓN, B.; SORIA-DÍAZ, M. E.; AUKT, J.; VEROLOS, G.; NOREEN, S.; RODRIGUEZ-NAVARRO, D. N.; GIL-SERRANO, A.; THOMAS-OATES, J.; MEGÍAS, M.; SOUSA, C. Low pH changes the profile of nodulation factors produced by *Rhizobium tropici* CIAT 899. **Chemistry and Biology**, Cambridge, v. 12, p. 1029-1040, 2005.
- MOSTASSO, L.; MOSTASSO, F. L.; DIAS, B. G.; VARGAS, M. A. T.; HUNGRIA, M. Selection of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) rhizobial strains for the Brazilian Cerrados. **Field Crops Research**, v. 73, p. 121-132, 2002.

OLIVEIRA, W. S.; TSAI, L. M. Bean cultivation in a subsistence farming system in the northeast of São Paulo state - Brazil. **Scientia agricola**, v. 58, n. 2, p. 265-269, 2001.

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

PEDRINHO, E. A. N.; GALDIANO JÚNIOR, R. F.; CAMPANHARO, J. C.; ALVES, L. M. C.; LEMOS, E. G. M. Identificação e avaliação de rizobactérias isoladas de raízes de milho. **Bragantia**, v. 69, p. 905-911, 2010.

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

PERES, J. R. R.; SUHET, A. R.; MENDES, I. C.; VARGAS, M. A. T. Efeito da inoculação com rizóbio e da adubação nitrogenada em sete cultivares de feijão em um solo de cerrados. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 18, p. 415-420, 1994.

PINTO, F. G. S.; HUNGRIA, M.; MERCANTE, F. M. Polyphasic characterization of Brazilian *Rhizobium tropici* strains effective in fixing N<sub>2</sub> with common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Soil Biology and Biochemistry**, Columbia, v. 39, p. 1851-1864, 2007.

RADWAN, T. E. E.; MOHAMED, Z. K.; REIS, V. M. Efeito da inoculação de *Azospirillum* e *Herbaspirillum* na produção de compostos indólicos em plântulas de milho e arroz. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, p. 987-994, 2004.

RADWAN, T. E. E.; MOHAMED, Z. K.; REIS, V. M. Aeração e adição de sais na produção de ácido indol acético por bactérias diazotróficas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, p. 997-1004, 2005.

RAPOSEIRAS, R.; MARRIEL, I. E.; MUZZI, M. R. S.; PAIVA, E.; PEREIRA FILHO, I. A.; CARVALHAIS, L. C.; PASSOS, R. V. M.; PINTO, P. P.; SÁ, N. M. H. *Rhizobium* strains competitiveness on bean nodulation in Cerrado soils. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 3, p. 439-447, 2006.

REIS JUNIOR, F. B.; SILVA, M. F.; TEIXEIRA, K. R. S.; URQUIAGA, S.; REIS, V. M. Identificação de isolados de *Azospirillum amazonense* associados a *Brachiaria* spp., em diferentes épocas e condições de cultivo e produção de fitormônio pela bactéria. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p. 103-113, 2004.

REMANS, R.; RAMAEKERS, L.; SCHELKENS, S.; HERNANDEZ, G.; GARCIA, A.; REYES, J. L.; MENDEZ, N.; TOSCANO, V.; MULLING, M.; GALVEZ, L.; VANDERLEYDEN, J. Effect of *Rhizobium*-*Azospirillum* coinoculation on nitrogen fixation and yield of two contrasting *Phaseolus vulgaris* L. genotypes cultivated across different environments in Cuba. **Plant and Soil**. Crawley, v. 312, n. 1, p. 25-37, 2008.

ROSELEM, C. A.; MARUBAYACHI, O. M. **Seja Doutor do seu feijoeiro-comum**. Potafos. Arquivo do agrônomo, n. 7, dezembro, 1994. 18 p.

SANTOS, A. B.; FAGERIA, N. K.; SILVA, O. F.; MELO, M. L. B. Resposta do feijoeiro-comum ao manejo de nitrogênio em várzeas tropicais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, p. 1265-1271, 2003.

SCHLINDWEIN, G.; VARGAS, L. K.; LISBOA, B. B.; AZAMBUJA, A. C.; GRANADA, C. E.; GABIATTI, N. C.; PRATES, F.; STUMPF, R. Influência da inoculação de rizóbios sobre a germinação e o vigor de plântulas de alface. **Ciência Rural**, v. 38, p. 658-664, 2008.

SILVA, C. C. da; DEL PELOSO, M. J. **Informações Técnicas para o Cultivo do Feijoeiro Comum na Região Central-brasileira 2005-2007**. Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA-CNPAP, 2006, 139 p. (Documentos, 193).

SILVA, H. T.; COSTA, A. O. **Caracterização Botânica de Espécies Silvestres do Gênero *Phaseolus* L. (Leguminosae)**. Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA-CNPAP, 2003, 40 p. (Documentos, 156).

SILVA, S. C. da; SANTANA, N. M. P. de; PELEGRINI, J. C. **Caracterização Climática do Estado de Goiás. Secretaria de Indústria e Comércio, Superintendência de Geologia e Mineração**. Série Geologia e Mineração, nº 3. 133 p. Goiás, 2006.

SILVA, S. C.; XAVIER, L. DE S.; SANTANA, N. M. P. DE; CARDOSO, G. M.; PELEGRINI, J. C. **Informações meteorológicas para pesquisa e planejamento agrícola referentes ao município de Santo Antônio de Goiás, GO, 2001**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2002. 21 p. (Documentos, 136).

SIQUEIRA NETO, M.; PICCOLI, M. C.; COSTA JUNIOR, C.; CERRI, C. C.; BERNOUX, M. Emissão de gases do efeito estufa em diferentes usos da terra no bioma Cerrado. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 35, p. 63-76, 2011.  
SOUZA, D. M. G. de; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. Embrapa Cerrados, Planaltina. 416 p. 2002.

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

SORATTO, R. P.; CARVALHO, M. A. C. de; ARF, O. Teor de clorofila e produtividade do feijoeiro-comum em razão da adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 9, p. 895-901, set. 2004.

STRALIOTTO, R.; TEIXEIRA, M. G.; MERCANTE, F. M. Fixação biológica de nitrogênio. In: AIDAR, H.; KLUTHCOUSKI, J. & STONE, L.F. **Produção de feijoeiro-comum em várzeas tropicais**. Santo Antônio de Goiás, EMBRAPA-CNPAP, 2002. p. 122-153.

VALADÃO, F. C. A.; JAKELAITIS, A.; CONUS, L. A.; BORCHARTT, L.; OLIVEIRA, A. A.; VALADÃO JUNIOR, D. D. Inoculação das sementes e adubações nitrogenada e molíbdica do feijoeiro-comum, em Rolim de Moura, RO. **Acta Amazonica**, v. 39, n. 4, p. 741-748, 2009.

- VARGAS, M. A. T.; GRAHAM, P. H. Cultivar and pH effects on competition for nodule sites between isolates of *Rhizobium* in beans. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 117, p. 195-200, 1989.
- VARGAS, M. T. A.; MENDES, I. C.; HUNGRIA, C. The response of field grown *Phaseolus vulgaris* to *Rhizobium* inoculation and nitrogen fertilization in two cerrados soils. **Biology and Fertility of Soils**, New York, v. 32, p. 228-233, 2000.
- VERONEZI, S. D. F.; COSTA, M. R.; SILVA, A. T.; MERCANTE, F. M. Caracterização fenotípica de isolados de rizóbio selecionados para inoculação em feijoeiro-comum. In: JORNADA DE INICIAÇÃO À PESQUISA DA EMBRAPA, 2012. Dourados. **Resumos...** Brasília, DF: Embrapa; Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2012.
- WATKIN, E. L. J.; O'HARA, G. W.; GLEEN, A. R. Calcium and acid stress Interact to affect the growth of *Rhizobium leguminosarum* bv *trifolii*. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 29, p. 1427-1432, 1997.
- WATKIN, E. L. J.; O'HARA, G. W.; HOWIESON, J. G.; GLEEN, A. R. Identification of tolerance to soil acidity in inoculant of *Rhizobium leguminosarum* bv. *trifolii*. **Soil biology and Biochemistry**, Oxford, v. 32, p. 1393-1403, 2000.
- WOOD, M.; COOPER, J. E.; BJOURSON, A. J. Response of Lotus rhizobia to acidity and aluminium in liquid culture and in soil. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 107, p. 227-231, 1988.

## APÊNDICE A

Custos da Produção (operação de máquinas, corretivos, insumos, mão-de-obra, tratamentos culturais, colheita e transporte da produção) de feijoeiro-comum, sob irrigação para o Estado de Goiás no mês de junho de 2013, realizado pela FAEG

1. Custo Operacional Efetivo				
Descrição do custo	Quant.	Unid.	Valor unit.	Valor uso
<b>a Operação com Máquinas</b>				
Aplicação de calcário e Gesso				
<b>a1 Agrícola</b>				
Trator 85 hp + Calcariador	0,4	H/M	R\$ 62,97	25,19
<b>a2 Dessecação</b>				
Trator 85 hp + Pulverizador 2000				
Lts	0,4	H/M	R\$ 66,38	26,55
<b>b Mão-de-obra Permanente</b>				
Auxiliar de aplicação de calcário	0,15	D/H	R\$ 6,60	0,99
Auxiliar de pulverização	0,15	D/H	R\$ 6,60	0,99
<b>c Calcário e Gesso agrícola</b>				
Calcário e Gesso agrícola	1	Ton.	R\$ 61,00	61,00
Gesso agrícola	0,5	Ton.	R\$ 65,00	32,50
<b>d Dessecante</b>				
Roundup Original	2	Lts	R\$ 13,00	26,00
2,4-D	0,5	Lts	R\$ 13,50	6,75
Acefato	1	Lts	R\$ 22,20	22,20
<b>TOTAL DE CUSTEIO DO PRÉ-PLANTIO</b>			<b>R\$</b>	<b>202,17</b>

### 2. Despesas de Plantio

<b>a Operação com máquinas</b>				
<b>a1 Plantio</b>	0,6	H/M	R\$ 131,15	78,69
<b>b Mão-de-obra permanente</b>				
Auxiliares no trat. De semente (2x)	0,02	D/H	R\$ 6,60	0,13

Continuação...

	Auxiliares de plantio (2x)	0,2	D/H	R\$	6,60	1,32
c	Semente					
	Feijão Pérola	60	Kg	R\$	4,20	252,00
d	Defensivo para tratar sementes (TS)					
	Derosal Plus	0,18	Lts	R\$	21,80	3,92
	Cropstar	0,3	Lts	R\$	159,00	47,70
<b>TOTAL DE CUSTEIO DO PLANTIO</b>						<b>R\$ 383,76</b>

### 3. Despesas de condução da lavoura

a	Operação com máquinas					
a1	Aplicação de defensivo					
	Trator 85 hp + pulv. 2000 Lt (6x)	2	H/M	R\$	66,38	132,77
	Trator 85 hp + adubadeira de feijão	0,4	H/M	R\$	98,13	39,25
	Irrigação por Pivô Central	960	KW/H	R\$	0,16	153,60
b	Mão-de-obra permanente					
	Auxiliares de pulverização (5x)	0,4	D/H	R\$	6,60	2,64
c	Defensivo					
	Acefato	1	Kg	R\$	22,20	22,20
	Fusiflex	1	Lt	R\$	75,44	75,44
	Connect	0,75	Lt	R\$	32,00	24,00
	Oberon	0,5	Lt	R\$	50,00	25,00
	Amplo	1	Lt	R\$	14,00	14,00
	Comet	0,3	Lt	R\$	107,00	32,10
	Cercobin 700 WG (2x)	1	kg	R\$	16,00	16,00
	Caramba	1	Lt	R\$	35,00	35,00
	Mertin 400	0,8	Lt	R\$	90,00	72,00
	Decis 25 EC (2x)	0,4	Lt	R\$	45,00	18,00
<b>TOTAL CUSTEIO CONDUÇÃO LAVOURA</b>						<b>662,00</b>

### 4. Despesas de colheita

a	Operação com máquinas					
	Colheitadeira Case 2366	1	H/M	R\$	141,96	141,96
	Trator 85 hp + Bazuca	0,5	H/M	R\$	70,71	35,36

Continuação...

b	Mão-de-obra permanente					
	Auxiliares de colheitadeira (2x)	0,2	D/H	R\$	6,60	1,32
<hr/>						
	TOTAL CUSTEIO DA COLHEITA					178,64

#### 5. Despesas Pós Colheita

a	Aluguel de máquinas					
a1	Caminhão Truck					
	Carreta graneleira	50	SC	R\$	0,75	37,50
<hr/>						
	TOTAL CUSTEIO PÓS COLHEITA					37,50

#### 6. Custo Operacional Total

a	CUSTO OPERACIONAL TOTAL				R\$	1.464,07
---	-------------------------	--	--	--	-----	----------

#### 7. Valor da saca do feijão

a	Venda do produto (feijão)	1	saca (60 kg)		R\$	220,50
---	---------------------------	---	--------------	--	-----	--------

Fonte: Adaptação do custo de produção da cultura do feijoeiro-comum irrigado, FAEG, 2013.

## APÊNDICE B

Custos da Produção (operação de máquinas, corretivos, sementes, insumos químicos, mão-de-obra, colheita e transporte da produção) de feijoeiro-comum, sob irrigação para o Estado de Goiás no mês de junho de 2014, realizado pela FAEG

1. Custo Operacional Efetivo						
Descrição do custo	Quant.	Unid.		Valor unit.		Valor uso
a Operação com Máquinas						
Aplicação de calcário e Gesso						
a1 Agrícola						
Trator 85 hp + Calcariador	0,4	H/M	R\$	62,97	R\$	25,10
a2 Dessecação						
Trator 85 hp + Pulverizador 2000 Lts	0,4	H/M	R\$	66,38	R\$	26,60
b Mão-de-obra Permanente						
Auxiliar de aplicação de calcário	0,15	D/H	R\$	6,60	R\$	1,00
Auxiliar de pulverização	0,15	D/H	R\$	6,60	R\$	1,00
c Calcário e Gesso agrícola						
Calcário e Gesso agrícola	1	Ton.	R\$	62,00	R\$	62,00
Gesso agrícola	0,5	Ton.	R\$	65,00	R\$	32,50
d Dessecante						
Roundup Original	2	Lts	R\$	14,00	R\$	28,00
2,4-D	0,5	Lts	R\$	12,00	R\$	6,00
Acefato	1	Lts	R\$	24,00	R\$	24,00
<b>TOTAL DE CUSTEIO DO PRÉ-PLANTIO</b>					<b>R\$</b>	<b>206,22</b>

### 2. Despesas de Plantio

a Operação com máquinas						
a1 Plantio	0,6	H/M	R\$	131,15	R\$	78,69
b Mão-de-obra permanente						
Auxiliares no trat. de semente (2x)	0,02	D/H	R\$	6,60	R\$	0,13

Continuação...

	Auxiliares de plantio (2x)	0,2	D/H	R\$	6,60	R\$	1,32
c	Semente						
	Feijão Pérola	60	Kg	R\$	4,80	R\$	288,00
d	Defensivo para tratar sementes (TS)						
	Derosal Plus	0,18	Lts	R\$	23,00	R\$	4,14
	Cropstar	0,3	Lts	R\$	177,00	R\$	53,10
<hr/>							
TOTAL DE CUSTEIO DO PLANTIO						R\$	425,38

### 3. Despesas de condução da lavoura

a	Operação com máquinas						
a1	Aplicação de defensivo						
	Trator 85 hp + pulv. 2000 Lt (6x)	2	H/M	R\$	66,38	R\$	132,77
	Trator 85 hp + adubadeira de feijão	0,4	H/M	R\$	98,13	R\$	39,25
	Irrigação por Pivô Central	960	Kw/H	R\$	0,18	R\$	172,80
b	Mão-de-obra permanente						
	Auxiliares de pulverização (5x)	0,4	D/H	R\$	6,60	R\$	2,64
c	Defensivo						
	Acefato	1	Kg	R\$	24,00	R\$	24,00
	Fusiflex	1	Lt	R\$	82,00	R\$	82,00
	Connect	0,75	Lt	R\$	28,00	R\$	21,00
	Oberon	0,5	Lt	R\$	54,00	R\$	27,00
	Amplo	1	Lt	R\$	80,00	R\$	80,00
	Comet	0,3	Lt	R\$	110,00	l	33,00
	Cercobin 700 WG (2x)	1	kg	R\$	19,00	R\$	19,00
	Caramba	1	Lt	R\$	36,00	R\$	36,00
	Mertin 400	0,8	Lt	R\$	110,00	R\$	88,00
	Decis 25 EC (2x)	0,4	Lt	R\$	48,00	R\$	19,20
<hr/>							
TOTAL CUSTEIO CONDUÇÃO LAVOURA							776,66

### 4. Despesas de colheita

a	Operação com máquinas						
	Colheitadeira Case 2366	1	H/M	R\$	141,96	R\$	141,96
	Trator 85 hp + Bazuca	0,5	H/M	R\$	70,71	R\$	37,50

Continuação...

b	Mão-de-obra permanente						
	Auxiliares de colheitadeira (2x)	0,2	D/H	R\$	6,60	R\$	1,32
<hr/>							
TOTAL CUSTEIO DA COLHEITA						R\$	178,63

#### 5. Despesas Pós Colheita

a	Aluguel de máquinas						
a1	Caminhão Truck						
	Carreta graneleira	50	SC	R\$	0,75	R\$	37,50
<hr/>							
TOTAL CUSTEIO PÓS COLHEITA						R\$	37,50

#### 6. Custo Operacional Total

a	CUSTO OPERACIONAL TOTAL					R\$	1.624,39
---	-------------------------	--	--	--	--	-----	----------

#### 7. Valor da saca do feijão

a	Venda do produto (feijão)	1	saca (60 kg)			R\$	76,94
---	---------------------------	---	--------------	--	--	-----	-------

Fonte: Adaptação do custo de produção da cultura do feijoeiro-comum irrigado, FAEG, 2014.