

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**Densidade de plantas e fornecimento de nitrogênio para a cultivar de feijão-
comum superprecoce BRS FC104**

Augusto César de Oliveira Gonzaga

MESTRADO

2017

Augusto César de Oliveira Gonzaga

**Densidade de plantas e fornecimento de nitrogênio para a cultivar de feijão-
comum superprecoce BRS FC104**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia – Mestrado, área de concentração em Solos, para obtenção do título de “Mestre”.

Orientadora

Prof. Dr^a. Regina Maria Quintão Lana

Co-orientador

Prof. Dr. Pedro Marques da Silveira

UBERLÂNDIA

MINAS GERAIS

2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

- G642d
2017 Gonzaga, Augusto César de Oliveira, 1982
 Densidade de plantas e fornecimento de nitrogênio para a cultivar de
 feijão-comum superprecoce BRS FC104 / Augusto César de Oliveira
 Gonzaga. - 2017.
 91 p. : il.
- Orientadora: Regina Maria Quintão Lana.
 Coorientador: Pedro Marques da Silveira.
 Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia,
 Programa de Pós-Graduação em Agronomia.
 Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14393/ufu.di.2018.65>
 Inclui bibliografia.
1. Agronomia - Teses. 2. Feijão - Adubação - Teses. 3. Adubação -
 Teses. 4. Nitrogênio na agricultura - Teses. I. Lana, Regina Maria
 Quintão. II. Silveira, Pedro Marques da. III. Universidade Federal de
 Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. IV. Título.

Augusto César de Oliveira Gonzaga

Densidade de plantas e fornecimento de nitrogênio para a cultivar de feijão-comum
superprecoce BRS FC104

Dissertação apresentada à Universidade Federal de
Uberlândia, como parte das exigências do Programa de
Pós-graduação em Agronomia – Mestrado, área de
concentração em Fitotecnia, para obtenção do título de
“Mestre”.

APROVADA em 15 de dezembro de 2017.

Prof. Dr. Pedro Marques da Silveira
(co-orientador)

Embrapa Arroz e Feijão

Profa. Dr. José Geraldo Mageste da Silva

UFU

Prof. Dr. Cláudio Ricardo da Silva

UFG

Prof. Dra. Regina Maria Quintão Lana
ICIAG-UFU
(Orientador)

UBERLÂNDIA
MINAS GERAIS – BRASIL
2017

DEDICO E OFEREÇO

A José Geraldo di Stefano,

Gratidão é o sentimento mais adequado para expressar tudo o que fez por mim desde 28 de novembro de 2008, dia em que fui contratado pela empresa que tanto amamos, a EMBRAPA. A partir daí, querendo ou não, tive que seguir seus passos, pois ao término das minhas apresentações sobre feijão-comum, em todos os lugares do país onde trabalhei, a primeira pergunta do público sempre foi: “Onde está o Cipó?”. Nesses momentos percebi o tamanho da sua grandeza e, conseqüentemente, o peso que fora colocado em minhas costas no momento da sua ausência na Unidade, quando fui solicitado a dar continuidade ao trabalho que você houvera realizado brilhantemente. Agradeço imensamente a confiança depositada em mim, o respeito com que sempre me tratou e, acima de tudo, pela amizade que construímos.

AGRADECIMENTOS

Ao Mestre Jesus por estar ao meu lado em todos os momentos da minha vida.

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA pela oportunidade ímpar de realização do curso de Mestrado.

A Chefia da Embrapa Arroz e Feijão, então composta pelo Dr. Flavio Breseghello, Dr. Paulo Augusto Vianna Barroso, Dr. Alcido Elenor Wander e MSc. Renata Bueno Miranda Junqueira.

A Professora Dr^a. Regina Maria Quintão Lana por me orientar com tanta dedicação durante o curso de Mestrado.

Ao amigo e Conselheiro Acadêmico Dr. Pedro Marques da Silveira por todo companheirismo e dedicação ofertados a mim desde meu ingresso na Embrapa.

Aos professores da Universidade Federal de Uberlândia pelo empenho à docência.

Ao Comitê Técnico Interno da Embrapa Arroz e Feijão, aqui representado pela Dr^a. Roselene de Queiroz Chaves.

A MSc. Michela Okada Chaves pela amizade e auxílio na elaboração da proposta para o curso de Mestrado.

Aos operários e técnicos de campo de Embrapa Arroz e Feijão, verdadeiros colaboradores para o progresso da pesquisa brasileira.

A Heloísa de Oliveira Andrada por me preparar para a prova de inglês do exame de seleção ao curso e auxílio na tradução dos resumos da dissertação.

A amiga Riquelma de Sousa de Jesus pela revisão das referências bibliográficas do trabalho.

A Professora Dr^a. Denise de Garcia Santana pelo empenho em me ensinar estatística.

Aos colegas Vanderley José Pereira, Thaís Ferreira Bicalho e Marlize Cristina Pinheiro Luiz pela amizade, auxílio e dedicação que ofertamos uns aos outros durante a realização do curso de Mestrado.

Aos amigos e familiares pela confiança, carinho, atenção, dedicação e incentivo que sempre me deram em todos os momentos da minha vida.

Muito obrigado a todos!

SUMÁRIO

RESUMO GERAL	i
GENERAL ABSTRACT	ii
1 INTRODUÇÃO GERAL	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO	3
REFERÊNCIAS	8
CAPÍTULO 1: RESPONSABILIDADE DA CULTIVAR SUPERPRECOCE DE FEIJÃO-COMUM À INOCULAÇÃO DE SEMENTES COM <i>RHIZOBIUM TROPICI</i> E A DENSIDADE DE SEMEADURA NA 3ª SAFRA.	10
RESUMO	11
ABSTRACT	12
3 INTRODUÇÃO	13
3.1 MATERIAL E MÉTODOS	15
3.1.1 Localização	15
3.1.2 Solo	15
3.1.3 Descrição da área experimental	16
3.1.4 Delineamento experimental e tratamentos	16
3.1.5 Implantação e condução do experimento	16
3.1.6 Variáveis avaliadas	18
3.1.7 Análises estatísticas	18
3.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
3.2.1 Número de vagens por planta	19
3.2.2 Número de grãos por vagem	21
3.2.3 Massa de 100 grãos	22
3.2.4 Percentual de resíduo de grãos e de grãos retidos nas peneiras 10, 11 e 12	23
3.2.5 Produtividade de grãos	24
3.3 CONCLUSÕES	26
REFERÊNCIAS	27
CAPÍTULO 2: MANEJO DE NITROGÊNIO PARA CULTIVAR SUPERPRECOCE DE FEIJÃO-COMUM SUBMETIDA À INOCULAÇÃO DE SEMENTES COM <i>RHIZOBIUM TROPICI</i> NA 3ª SAFRA.	30
RESUMO	31
ABSTRACT	32
4 INTRODUÇÃO	33
4.1 MATERIAL E MÉTODOS	35
4.1.1 Localização	35
4.1.2 Solo	35
4.1.3 Descrição da área experimental	36
4.1.4 Delineamento experimental e tratamentos	37
4.1.5 Implantação e condução do experimento	38
4.1.6 Variáveis avaliadas	39
4.1.7 Análises estatísticas	40
4.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
4.2.1 Número de plantas por hectare	42
4.2.2 Massa da matéria seca da parte aérea	44
4.2.3 Número de vagens por planta	45
4.2.4 Número de grãos por vagem	47
4.2.5 Massa de 100 grãos	49

4.2.6 Produtividade de grãos	51
4.2.7 Percentual de resíduo de grãos e de grãos retidos nas peneiras 10, 11 e 12	53
4.2.8 Teor de proteína dos grãos	58
4.3 CONCLUSÕES	59
REFERÊNCIAS	61
CAPÍTULO 3: ADUBAÇÃO NITROGENADA EM COBERTURA NA CULTIVAR SUPERPRECOCE DE FEIJÃO-COMUM BRS FC104 NO CULTIVO DE 1ª SAFRA COM INOCULAÇÃO DE SEMENTES COM <i>RHIZOBIUM TROPICI</i>	64
RESUMO	65
ABSTRACT	66
5 INTRODUÇÃO	67
5.1 MATERIAL E MÉTODOS	69
5.1.1 Localização	69
5.1.2 Solo	70
5.1.3 Descrição da área experimental	70
5.1.4 Delineamento experimental e tratamentos	72
5.1.5 Implantação e condução do experimento	72
5.1.6 Variáveis avaliadas	73
5.1.7 Análises estatísticas	74
5.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO	74
5.2.1 Número de plantas por hectare	76
5.2.2 Número de vagens por planta	78
5.2.3 Número de grãos por vagem	79
5.2.4 Massa de 100 grãos	80
5.2.5 Produtividade de grãos	81
5.2.6 Percentual de resíduo de grãos e de grãos retidos nas peneiras 10, 11 e 12	83
5.2.7 Teor de proteína dos grãos	87
5.3 CONCLUSÕES	88
REFERÊNCIAS	89

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. Caracterização química do solo da área experimental, Santo Antônio de Goiás, GO, 2015.	16
TABELA 2. Análise de variância para o número de vagens por planta (NV), número de grãos por vagem (NG), massa de 100 grãos (M100G), produtividade (PG) e espessura dos grãos (EG), da cultivar superprecoce de feijão-comum BRS FC104, com e sem inoculante nas sementes, em diferentes densidades de plantas, Santo Antônio de Goiás, GO, 2015.	19
TABELA 3. Número de vagens por planta, com e sem inoculante nas sementes, em diferentes densidades de plantas por hectare, Santo Antônio de Goiás, GO, 2015.	20
TABELA 4. Número de grãos por vagem, com e sem inoculante nas sementes, em diferentes densidades de plantas, Santo Antônio de Goiás, GO, 2015.	21
TABELA 5. Massa de 100 grãos, com e sem inoculante nas sementes, em diferentes densidades de plantas, Santo Antônio de Goiás, GO, 2015.	22
TABELA 6. Percentual de resíduos de grãos (peneira <10) e de grãos retidos na peneira 10 (3,96 mm), peneira 11 (4,36 mm) e peneira 12 (4,76 mm) da cultivar superprecoce BRS FC104, com e sem inoculante nas sementes, em diferentes densidades de plantas, Santo Antônio de Goiás, GO, 2015.	23
TABELA 7. Produtividade de grãos de feijão-comum (kg ha^{-1}), com e sem inoculante nas sementes, em diferentes densidades de plantas, Santo Antônio de Goiás, GO, 2015.....	24
TABELA 8. Caracterização química do solo da área experimental, Santo Antônio de Goiás, GO, 2016.	36
TABELA 9. Análise de variância para o número de plantas por hectare (NP), massa da matéria seca da parte aérea (MS), número de vagens por planta (NV), número de grãos por vagem (GV), massa de 100 grãos (M100G), produtividade de grãos (PG), espessura dos grãos (EG) e do teor de proteína dos grãos (TP), da cultivar de feijão-comum BRS FC104. Santo Antônio de Goiás, GO, 2016.	41
TABELA 10. Número de plantas em função da inoculação das sementes (IS) e doses de nitrogênio (DN) em diferentes estádios fenológicos (EF). Santo Antônio de Goiás, GO, 2016.	42
TABELA 11. Massa da matéria seca da parte aérea (g planta^{-1}) em função da inoculação das sementes (IS) e doses de nitrogênio (DN) em diferentes estádios fenológicos (EF). Santo Antônio de Goiás, GO, 2016.	44
TABELA 12. Número de vagens por planta em função da inoculação das sementes (IS) e doses de nitrogênio (DN) em diferentes estádios fenológicos (EF). Santo Antônio de Goiás, GO, 2016.	46

TABELA 13. Número de grãos por vagem em função da inoculação das sementes (IS) e doses de nitrogênio (DN) em diferentes estádios fenológicos (EF). Santo Antônio de Goiás, GO, 2016.	48
TABELA 14. Massa de 100 grãos (g) em função da inoculação das sementes (IS) e doses de nitrogênio (DN) em diferentes estádios fenológicos (EF). Santo Antônio de Goiás, GO, 2016.	49
TABELA 15. Produtividade de grãos em função da inoculação das sementes (IS) e doses de nitrogênio (DN) em diferentes estádios fenológicos (EF). Santo Antônio de Goiás, GO, 2016.	52
TABELA 16. Percentual de resíduo de grãos (peneira <10) e de grãos retidos na peneira 10 (3,96 mm), peneira 11 (4,36 mm) e peneira 12 (4,76 mm); em função da inoculação das sementes (IS) e doses de nitrogênio (DN) em diferentes estádios fenológicos (EF). Santo Antônio de Goiás, GO, 2016.	54
TABELA 17. Teor de proteína dos grãos em função da inoculação das sementes (IS) e doses de nitrogênio (DN) em diferentes estádios fenológicos (EF). Santo Antônio de Goiás, GO, 2016.	58
TABELA 18. Precipitação pluviométrica durante a condução do experimento, Santo Antônio de Goiás, GO, 2016/2017.	69
TABELA 19. Caracterização química do solo da área experimental. Santo Antônio de Goiás-GO, 2016.	70
TABELA 20. Análise de variância para o número de plantas por hectare (NP), número de vagens por planta (NV), número de grãos por vagem (GV), massa de 100 grãos (M100G), produtividade de grãos (PG), espessura dos grãos (EG) e do teor de proteína dos grãos (TP), da cultivar de feijão-comum BRS FC104. Santo Antônio de Goiás, GO, 2016/2017.	75
TABELA 21. Número de plantas em função da inoculação das sementes (IS) e doses de nitrogênio (DN) em diferentes estádios fenológicos (EF). Santo Antônio de Goiás, GO, 2016/2017.	76
TABELA 22. Número de vagens por planta em função da inoculação das sementes (IS) e doses de nitrogênio (DN) em diferentes estádios fenológicos (EF). Santo Antônio de Goiás, GO, 2016/2017.	78
TABELA 23. Número de grãos por vagem em função da inoculação das sementes (IS) e doses de nitrogênio (DN) em diferentes estádios fenológicos (EF). Santo Antônio de Goiás, GO, 2016/2017.	79
TABELA 24. Massa de 100 grãos (g) em função da inoculação das sementes (IS) e doses de nitrogênio (DN) em diferentes estádios fenológicos (EF). Santo Antônio de Goiás, GO, 2016/2017.	80

TABELA 25. Produtividade de grãos em função da inoculação das sementes (IS) e doses de nitrogênio (DN) em diferentes estádios fenológicos (EF). Santo Antônio de Goiás, GO, 2016/2017. 82

TABELA 26. Percentual de resíduo de grãos (peneira <10) e de grãos retidos na peneira 10 (3,96 mm), peneira 11 (4,36 mm) e peneira 12 (4,76 mm); em função da inoculação das sementes (IS) e doses de nitrogênio (DN) em diferentes estádios fenológicos (EF). Santo Antônio de Goiás, GO, 2016/2017. 83

TABELA 27. Teor de proteína dos grãos em função da inoculação das sementes (IS) e doses de nitrogênio (DN) em diferentes estádios fenológicos (EF). Santo Antônio de Goiás, GO, 2016/2017. 87

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. Dados metereológicos durante a condução do experimento. Santo Antônio de Goiás-GO, 2015.	15
FIGURA 2. Número de vagens por planta em função dos tratamentos com e sem inoculante nas sementes em diferentes densidades de plantas, Santo Antônio de Goiás, GO, 2015.	20
FIGURA 3. Produtividade de grãos (kg ha^{-1}) em função dos tratamentos com e sem inoculante nas sementes em diferentes densidades de plantas, Santo Antônio de Goiás, GO, 2015.	26
FIGURA 4. Dados metereológicos durante a condução do experimento. Santo Antônio de Goiás-GO, 2016.	35
FIGURA 5. Teor volumétrico de água no solo (%) para as profundidades de 0-10, 10-20, 20-30 e 30-40 cm, durante o ciclo da cultivar superprecoce de feijão-comum BRS FC104. Santo Antônio de Goiás, GO, 2016.	37
FIGURA 6. Número de plantas por hectare em função da inoculação das sementes e doses de nitrogênio em diferentes estádios fenológicos. (A – com inoculante; B – sem inoculante nas sementes). Santo Antônio de Goiás, GO, 2016.	44
FIGURA 7. Número de vagens por planta em função da inoculação das sementes e doses de nitrogênio em diferentes estádios fenológicos. (A – com inoculante; B – sem inoculante nas sementes). Santo Antônio de Goiás, GO, 2016.	47
FIGURA 8. Número de grãos por vagem em função da inoculação das sementes e doses de nitrogênio em diferentes estádios fenológicos. (A – com inoculante; B – sem inoculante nas sementes). Santo Antônio de Goiás, GO, 2016.	49
FIGURA 9. Massa de 100 grãos (g) em função da inoculação das sementes e doses de nitrogênio em diferentes estádios fenológicos. (A – com inoculante; B – sem inoculante nas sementes). Santo Antônio de Goiás, GO, 2016.	51
FIGURA 10. Produtividade de grãos em função da inoculação das sementes e doses de nitrogênio em diferentes estádios fenológicos. (A – com inoculante; B – sem inoculante nas sementes). Santo Antônio de Goiás, GO, 2016.	53
FIGURA 11. Percentual de resíduo de grãos (A – com inoculante; B – sem inoculante nas sementes); peneira >10 (C – com inoculante; D – sem inoculante nas sementes); peneira >11 (E – com inoculante; F – sem inoculante nas sementes); peneira >12 (G – com inoculante; H – sem inoculante nas sementes) em função da inoculação das sementes (IS) e doses de nitrogênio (DN) em diferentes estádios fenológicos (EF). Santo Antônio de Goiás, GO, 2016.	58

FIGURA 12. Teor de proteína dos grãos em função da inoculação das sementes (IS) e doses de nitrogênio (DN) em diferentes estádios fenológicos (EF). (A – com inoculante; B – sem inoculante nas sementes). Santo Antônio de Goiás, GO, 2016.	59
FIGURA 13. Dados meteorológicos durante a condução do experimento. Santo Antônio de Goiás-GO, 2016/2017.	69
FIGURA 14. Teor volumétrico de água no solo (%) para as profundidades de 0-10, 10-20, 20-30 e 30-40 cm, durante o experimento com feijão-comum. Santo Antônio de Goiás, GO, 2016/2017.	72
FIGURA 15. Número de plantas em função da inoculação das sementes e doses de nitrogênio em diferentes estádios fenológicos. (A – com inoculante; B – sem inoculante nas sementes). Santo Antônio de Goiás, GO, 2016/2017.	77
FIGURA 16. Percentual de resíduo de grãos (A – com inoculante; B – sem inoculante nas sementes); peneira >10 (C – com inoculante; D – sem inoculante nas sementes); peneira >11 (E – com inoculante; F – sem inoculante nas sementes); peneira >12 (G – com inoculante; H – sem inoculante nas sementes) em função da inoculação das sementes e doses de nitrogênio em diferentes estádios fenológicos. Santo Antônio de Goiás, GO, 2016/2017.	87

RESUMO GERAL

O Brasil é o maior produtor mundial de feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) e o grão é produzido em todo território nacional. Em seu cultivo predominam sistemas de produção com baixo índice de adoção de tecnologia e uso de insumos, porém existe uma parcela de produtores tecnificados. Com o lançamento da cultivar de feijão-comum superprecoce BRS FC104 estudos de manejo específicos para ela fizeram-se necessários. O objetivo deste estudo foi de determinar a melhor densidade de plantas para a cultivar; a responsividade da cultivar frente a inoculação das sementes com as estirpes SEMIA 4077, SEMIA 4080 e SEMIA 4088 de *Rhizobium tropici*; e a melhor época e dose de nitrogênio que deve ser aplicada em cobertura para expressão máxima da produtividade de grãos, dos demais componentes de produtividade, da espessura dos grãos e do teor de proteínas dos grãos nos cultivos de 1ª e 3ª safras. O incremento do número de plantas por hectare aumentou a produtividade de grãos, seja com ou sem a inoculação. A inoculação das sementes com as estirpes SEMIA 4077, SEMIA 4080 e SEMIA 4088 de *Rhizobium tropici* não apresentou resultados satisfatórios para as variáveis estudadas. A aplicação de nitrogênio em cobertura é uma prática fundamental para se obter ganhos em produtividade de grãos na 3ª safra. A aplicação de nitrogênio na germinação das sementes reduziu a população final de plantas.

Palavras chaves: *Phaseolus vulgaris* L., densidade de plantas, fixação biológica de nitrogênio, adubação nitrogenada.

GENERAL ABSTRACT

Brazil is the world's largest producer of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and grain is produced throughout the country. In its cultivation, systems of production with low index of technology use and inputs use predominate, but there is still a portion technified producers. With the launching of super early common bean cultivar BRS FC104 management studies specific for it are needed. The objective of this study is to determine the best density of plants for a cultivar; a responsiveness of the cultivar to seed inoculation with SEMIA 4077, SEMIA 4080 and SEMIA 4088 of *Rhizobium tropici* strains; and the best time and nitrogen dose that should be applied in coverage for maximum expression of grain yield, other productivity components, grain thickness and grain protein content in 1st and 3rd crop crops. The increase in number of plants per hectare increased grain yield, either with or no inoculation. Seed inoculation with the strains SEMIA 4077, SEMIA 4080 and SEMIA 4088 of *Rhizobium tropici* did not present satisfactory results for the studied variables. The application of nitrogen under cover is a fundamental practice to obtain gains in grain yield in the 3rd crop. The application of nitrogen in the germination of the seeds reduced the final population of plants.

Keywords: *Phaseolus vulgaris* L., density of plants, biological nitrogen fixation, nitrogen fertilization.

1. INTRODUÇÃO GERAL

O cultivo do feijão-comum é desafiador, a cultura é exigente em fertilidade de solo e em disponibilidade de água; a temperatura pode influenciar de forma acentuada a produtividade; as plantas são atacadas por diversas pragas e doenças durante seu cultivo, além de possuir pouca competitividade com plantas daninhas. Neste sentido, as demandas do setor produtivo são por cultivares que possuam elevada qualidade de grãos; alto potencial produtivo, estabilidade de produção, ciclo precoce plantas eretas, para possibilitar a colheita mecanizada direta, e resistência às principais doenças que acometem a cultura.

O Brasil é o maior produtor mundial de feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.), alimento protéico básico da dieta do brasileiro. O grão é produzido em todo território nacional, variando sua importância de um estado para outro e tendo como principais regiões produtoras o Sul, o Sudeste e o Centro-Oeste. Possuindo grande diversidade de cores e tamanhos, possibilita ao consumidor escolher o grão conforme sua preferência, regionalizando o consumo e a produção.

A produção de feijão-comum no Brasil ocorre em três safras. Na 1ª safra, ou “safra das águas”, a semeadura é realizada entre agosto e outubro, podendo se estender até novembro, e a colheita acontece de novembro até março, com maior intensidade em dezembro. A semeadura em 2ª safra, ou “safra da seca”, é realizada entre janeiro e abril e a colheita ocorre de abril até julho. Já na 3ª safra, ou “safra irrigada”, a semeadura é realizada a partir de maio, com colheita entre agosto e outubro (BARBOSA; GONZAGA, 2012).

Em 2016, a 1ª safra foi responsável por 44,4% do feijão-comum produzido no Brasil, ocupando área de aproximada de 682 mil hectares e atingiu produtividade média de 1.463 kg ha⁻¹. A 2ª safra produziu 34,4% do total da produção, a área ocupada foi de 683 mil hectares e a produtividade média de 1.131 kg ha⁻¹. A 3ª safra foi responsável por produzir 21,2% da produção nacional, ocupando área de aproximada 192 mil hectares e obtendo a maior produtividade média, 2.462 kg ha⁻¹ (EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO, 2017).

O objetivo deste estudo é determinar a densidade de plantas e a responsividade da cultivar BRS FC104 frente a inoculação das sementes com as estirpes SEMIA 4077, SEMIA 4080 e SEMIA 4088 de *Rhizobium tropici* e a época e dose de nitrogênio que

deve ser aplicada em cobertura para expressão máxima da produtividade de grãos, os demais componentes de produtividade, do percentual de peneira e do teor de proteína dos grãos nos cultivos de 1ª e 3ª safras.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Para atender parte dessa demanda, a Embrapa Arroz e Feijão e parceiros desenvolveu a cultivar de feijão carioca BRS FC104, cujo tipo de grão é o preferido pelo consumidor brasileiro, correspondendo a 70% do mercado (BARBOSA; GONZAGA, 2012). Essa linhagem vem sendo chamada de “superprecoce” por possuir o menor ciclo produtivo dentre as principais cultivares de feijão carioca que estão atualmente no mercado, possuindo ciclo produtivo de aproximadamente 60 dias. A característica de superprecocidade não é encontrada em nenhuma outra cultivar de feijão-carioca da Embrapa (CATÁLOGO..., 2017).

A cultivar BRS FC104 tem o potencial de mudar os sistemas produção onde o feijão-comum está inserido. Com ela será possível produzir mais de uma safra em locais onde o período chuvoso é curto ou em locais onde o inverno é rigoroso no final da 2ª safra; será possível reduzir o uso de água e energia elétrica nos cultivos irrigados de 3ª safra, assim como, os problemas causados por pragas e doenças, visto que a cultura ficará menos tempo exposta no campo, o que poderá diminuir, também, os custos de produção. A utilização de cultivares precoces é uma demanda que tem crescido, pois permite aos agricultores maior flexibilidade na programação de sucessão de culturas e economia de água, energia, entre outros (PEREIRA et al. 2012).

A maior parte dos esforços em pesquisa de feijão do grupo comercial carioca tem sido destinada à geração de conhecimento de manejo para cultivares de ciclo normal (85 a 95 dias), portanto, pouco se conhece sobre práticas de manejo específicas para linhagens/cultivares que possuam ciclo superprecoce (55 a 65 dias).

Com o lançamento da cultivar superprecoce de feijão-comum BRS FC104 informações quanto a adaptação e estabilidade de produção, avaliação de resistência genética e definição de práticas de manejo para as doenças que acometem a cultura, e a caracterização fitotécnica se fazem necessárias. Esta última contempla a determinação do espaçamento e densidade de plantas, a responsividade à fixação biológica de nitrogênio (FBN), a marcha de absorção de nutrientes, e a definição do momento e da dose ideal de nutrientes a serem aplicados.

A densidade de plantas possui grande relevância no desempenho agrônomo das plantas cultivadas. Determinar o espaçamento mínimo necessário por cada planta e

ao mesmo tempo potencializar a produtividade se constitui como ferramenta de fundamental importância de manejo para os produtores. Se tratando de feijão-comum o espaçamento e a densidade de plantas se tornam mais relevantes, visto que, possuem dois hábitos de crescimento distintos, determinado e indeterminado (DIDONET; CARVALHO, 2014).

Trabalhando com as cultivares de feijão-comum Barriga Verde e Carioca 80 SH, Guidolin et al. (1998) observaram comportamentos distintos entre as duas quando fixaram o espaçamento em 0,25 m e variaram a densidade entre 200 e 400 mil plantas ha^{-1} . A cultivar Barriga Verde apresentou crescimento linear em produtividade de grãos, enquanto a cultivar Carioca 80 SH decresceu também de forma linear. Quando os autores fixaram o espaçamento em 0,5 m, e variou a densidade de plantas nas mesmas condições, a produtividade de grãos das duas cultivares não variou.

Em outro trabalho, Soratto et al. (2017) concluíram que as densidades de 111; 155; e 200 mil plantas ha^{-1} não influenciaram a produtividade de grãos para a cultivar de feijão-comum IPR 139, o que não ocorreu com a cultivar Pérola, onde a produtividade de grãos foi significativamente menor quando se utilizou a maior densidade de plantas. Esses estudos mostram que as cultivares se comportam de maneira distinta em relação ao espaçamento e a densidade adotados, mostrando a necessidade de estudar cada cultivar de maneira individual.

Outro fator crucial que precisa ser estudado de maneira individual por cada cultivar é a fixação biológica de nitrogênio (FBN), visto que Pacheco et al. (2013) afirmaram que há uma estreita relação entre as bactérias fixadoras de nitrogênio e a planta hospedeira para que se tenha reflexo em produtividade. No Brasil, três estirpes de bactérias de *Rhizobium tropici* são consideradas fixadoras de nitrogênio em feijoeiro comum e estão registradas no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento: SEMIA 4077, SEMIA 4080 e SEMIA 4088 (BRASIL, 2011).

A variabilidade entre cultivares de feijoeiro na habilidade de fixar N_2 foi detectada desde os primeiros estudos conduzidos Brasil. Pereira et al. (1991) demonstraram que existe grande variabilidade entre cultivares de feijão-comum na capacidade de fixar N_2 e na habilidade de translocar o N_2 fixado, refletindo no N total acumulado nos tecidos, em diferenças na nodulação e na produção de massa vegetal e de grãos.

Brito et al. (2010) demonstraram que as produtividades médias de grãos das cultivares Carioca e Ouro Negro inoculadas com estirpes de *Rhizobium tropici* BR534 e BR533, foram significativamente maiores do que quando se utilizou 80 kg ha⁻¹ de N na semeadura e 40 kg ha⁻¹ de N em cobertura, enquanto que não houve diferença de produtividade entre os tratamentos com as estirpes BR923 e CPAO 5./L12 e a testemunha.

Estudando o potencial genético de 13 linhagens e 4 cultivares de feijão-comum para FBN, Dias et al. (2013) testaram a responsividade desses materiais em dois experimentos, por duas safras, um com inoculação com a estirpe SEMIA 4080 de *Rhizobium tropici* e o outro com aplicação de 20 kg ha⁻¹ de N na semeadura e 70 kg ha⁻¹ de N em cobertura. Observaram que 6 linhagens e 1 cultivar poderiam ser utilizadas nas duas condições de cultivo, com resultados semelhantes de rendimento de grãos.

Em outro estudo, foram avaliados 15 genótipos de feijão-comum, de grãos tipo preto, em 11 ambientes, por dois anos. Constatou-se que houve variabilidade entre os genótipos quando se utilizou inoculante e que a linhagem CNFP 10794 e a cultivar BRS Esteio apresentaram produtividades de grãos elevadas e estabilidade de produção nesses 11 locais (DIAS et al. 2014).

Brito et al. (2011) testaram 11 linhagens de feijão-comum sob FBN e adubação nitrogenada, 40 kg ha⁻¹ no sulco de semeadura e 40 kg ha⁻¹ em cobertura, em duas localidades, os genótipos testados apresentaram produtividades semelhantes às aquelas adubadas com N, independentemente do local de cultivo.

Pacheco et al. (2013) mostraram que a cultivar Jalo, de ciclo menor que 75 dias, tratada com inoculante, obteve produtividade de grãos muito próxima ao tratamento onde foram aplicados 90 kg de N por hectare, 2.950 e 3.000 kg ha⁻¹ respectivamente. O mesmo não aconteceu com a cultivar BRS Grafite, onde a diferença de produtividade de grãos entre o tratamento inoculado e o adubado com nitrogênio foi maior 500 kg ha⁻¹.

Os resultados de pesquisa têm apontado que é possível substituir o N-fertilizante utilizado na adubação do feijão-comum pela FBN. Ao mesmo tempo, dados apontam para variações significativas quanto a responsividade dos genótipos em produtividade de grãos quando se utiliza inoculante nas sementes. Portanto, até que se desenvolvam ferramentas moleculares para identificar os genes responsáveis por tornar a FBN viável e estável e, assim, incorporar esses genes nos programas de melhoramento genético, a

única forma de saber se um genótipo responde de forma eficiente a FBN é testando-o em condições de campo.

Os adubos são uns dos principais insumos utilizados na agricultura intensiva, sendo os fertilizantes, químicos e minerais, alvo de muitos questionamentos quanto ao seu uso na agricultura por questões ambientais. O nitrogênio é, dentre os nutrientes essenciais, o mais importante para o crescimento, para o desenvolvimento e para a produtividade das plantas (FAGERIA; BALIGAR, 2005).

A uréia é a principal fonte de nitrogênio de uso agrícola, é um insumo de alto valor, necessita de petróleo em seu processo produtivo, se utilizada de maneira incorreta pode contribuir para o aquecimento global, além do N ser um contaminante do lençol freático (FAGERIA et al. 2015). Tornar o feijão-comum autossuficiente em nitrogênio por meio da FBN é um caminho que deve ser percorrido e, até que isso aconteça, é necessário utilizar os insumos de maneira racional, para que seu impacto no ambiente seja minimizado.

Vários são os fatores que influenciam no estado nutricional das plantas, inclusive a sua idade, portanto, conhecer o teor e a acumulação de N durante o ciclo da cultura é fundamental para o manejo apropriado e, ao mesmo tempo, para o aumento da produtividade. Na prática, é extremamente importante conhecer a variação temporal do acúmulo de massa de matéria seca e de cada nutriente ao longo do ciclo da planta, para estabelecer as épocas mais adequadas de seu fornecimento (FANCELLI, 2011).

Vários estudos mostram os benefícios da prática da adubação nitrogenada. Furtini et al. (2006) mostraram haver diferença significativa para o efeito do nitrogênio em relação ao tratamento que não recebeu N quando a média de produtividade de linhagens foi 12% maior do que quando se aplicou 24 kg ha⁻¹ de N na semeadura e 40 kg ha⁻¹ de N em cobertura.

Barbosa Filho et al. (2005) mostraram que o feijoeiro irrigado pode responder a doses de nitrogênio em cobertura acima de 150 kg ha⁻¹ e que a aplicação de nitrogênio, seja na forma de uréia ou de sulfato de amônio, em duas vezes, aos 15 e 30 dias após a emergência (DAE), e em três, aos 15, 30 e 45 DAE, resultou em rendimento de grãos significativamente maior do que no tratamento onde se aplicou apenas uma vez, aos 30 DAE.

Kluthcouski et al. (2006) mostraram que com aplicações crescentes de N, até a dose de 225 kg ha⁻¹ na cultivar BRS Valente, houve resposta satisfatória ao nitrogênio.

Em outro trabalho Didonet et al. (2005) demonstraram que, independente da cultivar de feijoeiro, a massa de grãos secos na maturação fisiológica aumentou de forma linear quando se utilizou doses crescentes de N (0, 30, 60, 120 e 240 kg ha⁻¹), aplicadas de forma parcelada aos 15 e aos 25 DAE.

O trabalho com aplicação de N de forma antecipada mostrou que na cultivar Carioca, na Lagoa da Confusão-TO, em 2003, houve ganho em produtividade de grãos quando se aplicou 90 kg ha⁻¹ de N imediatamente antes da semeadura do que no tratamento onde se aplicou aos 10 DAE, ou seja, houve acréscimo de aproximadamente 56% em produtividade no tratamento com N antecipado. Em Santa Helena de Goiás-GO, 2004, não ocorreu diferença significativa em produtividade média de grãos entre o tratamento onde se aplicou 45 kg ha⁻¹ de N de forma antecipada e o tratamento onde se aplicou N aos 30 DAE, na cultivar Pérola (KLUTHCOUSKI et al. 2006).

A eficiência na absorção e na utilização de nitrogênio são governadas por diferentes mecanismos fisiológicos. Os fatores fisiológicos associados à eficiência de uso do N incluem: 1) proliferação das raízes; 2) eficiência de absorção; 3) eficiência da enzima de redução do N; e 4) tolerância ao NH₄⁺, ou seja, a absorção e assimilação do N são governadas, em grande parte, pela genética das plantas (FAGERIA; BALIGAR, 2005). Isso leva a crer que a única alternativa para fazer recomendação de adubação nitrogenada, para uma cultivar é por meio da determinação da curva de resposta ao nitrogênio.

REFERÊNCIAS

- BARBOSA FILHO, M. P.; FAGERIA, N. K.; SILVA, O. F. da. Fontes, doses e parcelamento da adubação nitrogenada em cobertura para feijoeiro comum irrigado. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 1, p. 69-76, jan./fev. 2005.
- BARBOSA, F. R.; GONZAGA, A. C. de O. (Ed.). **Informações técnicas para o cultivo do feijoeiro-comum na Região Central-Brasileira: 2012-2014**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2012. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 272).
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa Nº 13, de 24 de março de 2011. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 25 mar. 2011. Seção 1.
- BRITO, L. F. de; PACHECO, R. S.; MOREIRA, L. L. Q.; FERREIRA, E. P. de B.; ARAÚJO, A. P.; STRALIOTTO, R. Produção de grãos e de biomassa de duas cultivares de feijoeiro inoculadas com diferentes estirpes de rizóbio. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 29.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 13.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 11.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 8., 2010, Guarapari. **Fontes de nutrientes e produção agrícola: modelando o futuro**: anais. Viçosa, MG: SBCS, 2010. 1 CD-ROM.
- CATÁLOGO de cultivares de feijão comum: 2016-2017. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, [2016]. Disponível em: < <http://www.embrapa.br/arroz-e-feijao/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1062715/catalogo-de-cultivares-de-feijao-comum> >. Acesso em: 03 dez. 2017.
- DIAS, P. A. S.; PEREIRA, H. S.; FERREIRA, E. P. de B.; MELO, L. C.; FARIA, L. C. de; WENDLAND, A.; SOUZA, T. L. P. O. de; MELO, P. G. S. Potencial genético de linhagens elite de feijoeiro-comum para fixação biológica do nitrogênio. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 7., 2013, Uberlândia. Variedade melhorada: a força da nossa agricultura: anais. Viçosa, MG: SBMP, 2013.
- DIAS, P. A. S.; PEREIRA, H. S.; MELO, P. G. S.; FERREIRA, E. P. de B.; MELO, L. C.; FARIA, L. C.; ALMEIDA, V. M.; WENDLAND, A.; SOUZA, T. L. P. O.; SILVA, F. C.; DIAZ, J. L. C.; MAGALDI, M. C. S.; SOUZA, N. P. Estabilidade de linhagens elite de feijoeiro-comum com grãos pretos em sistema de fixação biológica de nitrogênio. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 11., 2014, Londrina. **Tecnologias para a sustentabilidade da cultura do feijão**: anais. Londrina: IAPAR, 2014. CONAFE.
- DIDONET, A. D.; CARVALHO, M. A. de F. Fisiologia. In: GONZAGA, A. C. de O. **Feijão: O produtor pergunta, a Embrapa responde**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2014. P. 31-40.
- EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO. **Dados conjunturais da produção de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) e caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) no Brasil (1985 a**

2015): área, produção e rendimento. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2016. Disponível em:
<<http://www.cnpaf.embrapa.br/socioeconomia/index.htm>>. Acesso em: 18 set. 2017.

EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO. **Dados conjunturais da produção de feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) e caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) no Brasil (1985 a 2016): área, produção e rendimento.** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2017. Disponível em:
<<http://www.cnpaf.embrapa.br/socioeconomia/index.htm>>. Acesso em: 03/12/2017.

FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C. Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants. **Advances in Agronomy**, New York, v. 88, p. 97-185, 2005.

FAGERIA, N. K.; STONE, L. F.; SANTOS, A. B. dos; CARVALHO, M. C. S. Nutrição mineral do feijoeiro, 1. ed.. **Brasília: Embrapa Informação Tecnológica**, 2015. P. 95-152.

FANCELLI, A. L. Nutrição e adubação da cultura de feijão. In: FANCELLI, A. L. (Ed.). **Feijão: tecnologia da produção**. Piracicaba: ESALQ, 2011. P. 129-164.

GUIDOLIN, A. F.; MEROTTO JUNIOR, A.; ENDER, M.; SANGOI, L.; DUARTE, I. A. Efeitos do arranjo da população de plantas sobre o crescimento do feijão em semeadura tardia. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v.28, n.4, p.547-551, 1998.

KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H.; THUNG, M.; OLIVEIRA, F. R. de A. Manejo antecipado do nitrogênio nas principais culturas anuais. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 113, p. 1-24, mar. 2006. Encarte técnico.

PACHECO, R. S. et al. Biomassa e produtividade de cultivares de feijoeiro inoculadas com rizóbio em comparação à adubação nitrogenada. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO, 34., 2013, Florianópolis. **Anais...** Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2013.

PEREIRA, H. S. et al. **BRS Notável:** cultivar de feijoeiro comum carioca semi-precoce com alto potencial produtivo e resistência a doenças. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2012. (Embrapa Arroz e Feijão. Comunicado técnico, 202).

PEREIRA, J. C.; VIDOR, C.; LOVATO, P. E.; PENTEADO, A. de F. Simbiose Entre Feijão e Estirpes de *Rhizobium Leguminosarum* BV. Phaseoli, Sensíveis e Resistentes a Antibióticos e Fungicidas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.26, n. 7, p. 1097-1105, jul. 1991.

SORATTO, R. P. et al. Plant density and nitrogen fertilization on common bean nutrition and yield. **Revista Caatinga**, v. 30, n. 3, p. 670-678, 2017.

**CAPÍTULO 1: RESPONSABILIDADE DA CULTIVAR SUPERPRECOCE DE
FEIJÃO-COMUM À INOCULAÇÃO DE SEMENTES COM *RHIZOBIUM*
TROPICI E A DENSIDADE DE SEMEADURA NA 3ª SAFRA**

RESUMO

O cultivo de 3ª safra ou de outono-inverno apresenta as maiores médias nacionais de produtividade de grãos de *Phaseolus vulgaris* L. e onde se concentram os maiores investimentos em tecnologias. Recentemente, com lançamento da cultivar superprecoce de feijão carioca BRS FC104, tornou-se necessário gerar informações sobre seu cultivo, com ênfase à fixação biológica de nitrogênio e variações de densidade populacional. Assim, o objetivo deste trabalho foi quantificar a responsividade da cultivar superprecoce de feijão carioca BRS FC104 à inoculação de sementes com as estirpes de *Rhizobium tropici* SEMIA 4077, SEMIA 4080 e SEMIA 4088, em diferentes densidades populacionais em sistema plantio direto e irrigado, no cultivo de 3º safra. Foi utilizado o delineamento experimental de blocos casualizados, com quatro repetições, em esquema fatorial 2X5, sendo o primeiro fator a ausência e presença de tratamento das sementes com inoculante e o segundo fator cinco densidades de plantas. A inoculação com *Rhizobium tropici* não promoveu efeito significativo no aumento do número de vagens por planta, número de grãos por vagem, massa de 100 grãos, espessura de grãos e produtividade de grãos, porém a inoculação das sementes provocou efeito negativo em todas as densidades de plantas. O aumento na densidade de plantas reduziu o número de vagens por planta, porém, aumentou linearmente a produtividade de grãos, na presença e ausência de inoculação das sementes com *Rhizobium tropici*. A densidade de plantas não afetou os demais componentes de produtividade. Foi utilizado o delineamento experimental de blocos casualizados, com quatro repetições, em esquema fatorial 2X5, sendo o primeiro fator a ausência e presença de tratamento das sementes com inoculante e o segundo fator cinco densidades de plantas. A inoculação com *Rhizobium tropici* não promoveu efeito significativo no aumento do número de vagens por planta, número de grãos por vagem, massa de 100 grãos, espessura de grãos e produtividade de grãos, porém a inoculação das sementes provocou efeito negativo em todas as densidades de plantas. O aumento na densidade de plantas reduziu o número de vagens por planta, porém, aumentou linearmente a produtividade de grãos, na presença e ausência de inoculação das sementes com *Rhizobium tropici*. A densidade de plantas não afetou os demais componentes de produtividade.

Palavras-chave: Fixação biológica de nitrogênio; densidade de plantas; cultivar superprecoce.

ABSTRACT

The third crop or fall-winter crop shows the highest national averages of grain yield the *Phaseolus vulgaris* L. and where the largest investments in technologies are concentrated. Recently, with the launching of cultivar super early carioca beans BRS FC104, it has become necessary to generate information about its cultivation, with emphasis on biological nitrogen fixation and variations in population density. Thus, the objective of this work was to quantify the responsiveness of cultivar super early carioca bean BRS FC104 to seed inoculation with strains of *Rhizobium tropici* SEMIA 4077, SEMIA 4080 and SEMIA 4088, in different sowing densities under no-tillage and irrigated systems of 3rd crop. A randomized complete block design was used, with four replications, in factorial scheme 2X5, being the first factor the absence and presence of the inoculant and the second factor five plant densities. The inoculation with *Rhizobium tropici* did not have a significant effect on the increase in the number of pods per plant, number of grains per pod, mass of 100 grains, grain thickness and grain yield, but seed inoculation had a negative effect on all plants densities. The increase in plant density reduced the number of pods per plant, however, linearly increased grain yield, in the presence and absence of seed inoculation with *Rhizobium tropici*. Plant density did not affect the other productivity components.

Keywords: Biological fixation of nitrogen; density of plants; super early cultivar.

2 INTRODUÇÃO

No Brasil, o feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é semeado durante todo o ano de acordo com as características ambientais de cada local. Em seu cultivo predominam sistemas de produção com baixo índice de adoção de tecnologia e insumos. Existe, porém, uma parcela de produtores especializados, com produção em maior escala e que, em muitos casos, utilizam insumos em excesso, causando desequilíbrios ambientais (BARBOSA et al. 2009).

A produção brasileira ocorre em três safras: na 1ª safra ou safra “das águas” a semeadura é realizada entre agosto e outubro, podendo se estender até novembro e a colheita ocorre de novembro até março, com maior intensidade em dezembro. A semeadura em 2ª safra ou safra “da seca” é realizada entre janeiro e abril e a colheita ocorre de abril até julho. Já na 3ª safra ou safra “irrigada” a semeadura é realizada a partir de maio com colheita entre agosto e outubro (BARBOSA; GONZAGA, 2012).

O cultivo de 3ª safra, em que se empregam os maiores investimentos em tecnologias, apresenta as maiores médias nacionais de produtividade. Em 2015, a 3ª safra foi responsável por produzir 16,96% da produção nacional do grão, ocupando área de aproximadamente 178.629 mil hectares, com produtividade média de 2.536 kg ha⁻¹, superior a média nacional, que é de 1.451 kg ha⁻¹ (EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO, 2016).

Ao longo da história, a maior parte dos esforços em pesquisa em feijões foi para o grupo comercial carioca, com cultivares de ciclo normal (85 a 95 dias). Devido a isso, pouco se conhece sobre práticas de manejo específicas que atendam as linhagens/cultivares que possuem ciclo diferente desta.

Visando atender as demandas de mercado por tecnologias mais eficientes nos âmbitos econômico, social e ambiental, a “Embrapa Arroz e Feijão” e Parceiros desenvolveram a cultivar de feijão carioca BRS FC104, que possui um tipo de grão preferido pelo consumidor brasileiro, correspondendo a 70% do mercado (BARBOSA; GONZAGA, 2012). Essa cultivar criou uma nova classificação quanto à duração do ciclo produtivo, chamada de “superprecoce” por estar na média de 60 dias.

A fixação biológica de nitrogênio (FBN) é estudada com o objetivo de substituir os fertilizantes nitrogenados em fabáceas e em algumas gramíneas. Na soja, esse feito já foi conquistado, mas em feijão-comum é necessário que a pesquisa avance para tais patamares. Os resultados de pesquisa têm apontado que é possível substituir o N-

fertilizante utilizado na adubação do feijoeiro pela FBN. Ao mesmo tempo, dados apontam para variações significativas quanto à responsividade dos genótipos em produtividade de grãos.

A interação positiva da genética da planta, bactéria e ambiente é fundamental para que se obtenha resposta expressiva em FBN (HUNGRIA; VARGAS; ARAÚJO, 1997; PACHECO et al. 2013). Portanto, até que se desenvolvam ferramentas moleculares para identificar os genes responsáveis por tornar a FBN viável e estável para depois incorporá-los nos programas de melhoramento genético, a única forma de saber se um genótipo responde a FBN é testando-o no campo.

Cultivares com ciclo menor tendem para uma acelerada demanda por recursos de produção de fotoassimilados como nutrientes, água e luz dentre outros fatores. Todavia, isto não é regra, uma vez que baixas densidades de plantas necessariamente não prejudicam a produtividade de grãos (LIMA et al. 2016; SORATTO et al. 2017).

As plantas de feijão-comum apresentam grande plasticidade em seu desenvolvimento vegetativo, possuindo dois hábitos de crescimento distintos e que podem ser afetados por fatores de manejo como o espaçamento e a densidade populacional, a luminosidade, a temperatura e a disponibilidade de nutrientes (SANTOS; GAVILANES, 2006). Devido a essa característica fenológica o arranjo espacial de plantas se constitui como fator importante na otimização e aproveitamento dos recursos intrínsecos à produção.

O objetivo deste trabalho foi quantificar a responsividade da cultivar superprecoce BRS FC104 em resposta à inoculação das sementes com bactérias de *R. tropici* e determinar a densidade ideal de plantas para máxima produtividade de grãos e os demais componentes de produtividade.

3.1 MATERIAL E MÉTODOS

3.1.1 Localização

O experimento foi conduzido no município de Santo Antônio de Goiás, Estado de Goiás, na Fazenda Capivara, de propriedade da Embrapa. O mesmo foi implantado sob sistema de irrigação de pivô-central, nas coordenadas geográficas de Latitude 16°29'34,0" S e Longitude de 49°18'25,4" W, a altitude média do local é de 830 metros.

As temperaturas máximas e mínimas variaram pouco ao longo do ciclo da cultura, ficaram próximas de 30 e 15°C respectivamente, assim como a radiação solar, onde ocorreram algumas quedas nos três períodos onde ocorreram precipitações pluviométricas (Figura 1).

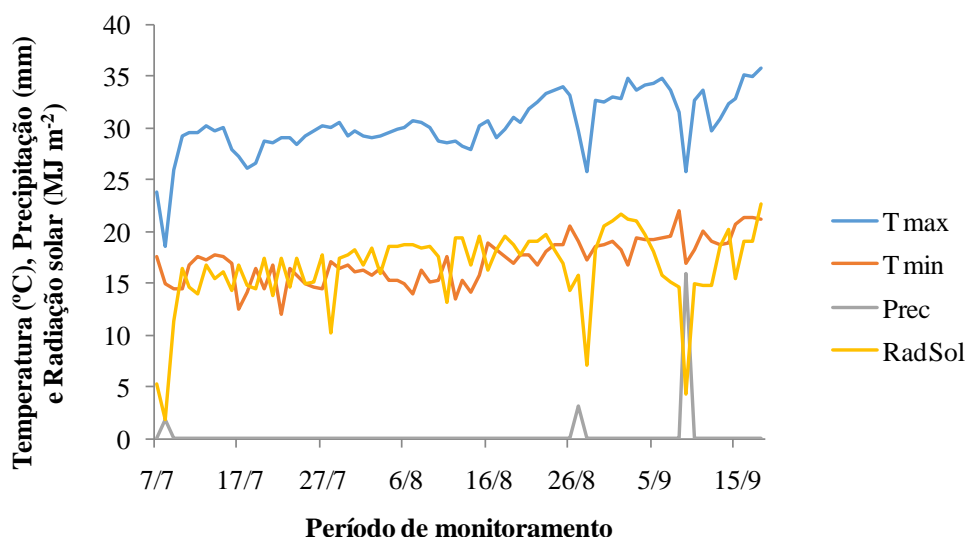


Figura 1. Dados meteorológicos durante a condução do experimento. Santo Antônio de Goiás-GO, 2015.

3.1.2 Solo

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho distrófico (SANTOS et al. 2013). A análise granulométrica mostrou as seguintes quantidades: 385 g kg⁻¹ de argila, 218 g kg⁻¹ de silte e 397 g kg⁻¹ de areia. A composição química, realizada segundo EMBRAPA (2011), na profundidade de 0 a 0,2 metros, revelou que o

pH se encontrava em uma faixa ideal para a cultura, o fósforo (P) e o potássio (K) classificados como adequado e alto, respectivamente (Tabela 1).

Tabela 1. Caracterização química do solo da área experimental, Santo Antônio de Goiás, GO, 2015.

pH	Ca ²⁺	Mg ³⁺	Al ³⁺	H + Al ³⁺	P	K	Cu	Zn	Fe	Mn	MO
mmolc dm ⁻³mg dm ⁻³					g dm ⁻³	
6,2	19,0	10,0	0,0	14,0	8,2	172,0	3,1	3,7	37,4	7,1	20,1

Prof. = profundidade; pH em água – medida potencial hidrogênio iônico da mistura de solo e água (1:1); Ca, Mg – extraídos em solução de KCl 1 mol l⁻¹ e determinados por espectroscopia de absorção atômica; Al – extraído em solução de KCl 1 mol l⁻¹ e determinado por titulometria; H+Al – extraídos em acetato de cálcio 0,5 mol l⁻¹ e determinado por titulometria; P, K, Cu, Zn, Fe, Mn – extraídos em solução Melich 1 e determinados por espectroscopia de absorção atômica; MO – oxidação por solução sulfocrômica seguida de determinação por espectrofotometria (EMBRAPA, 2011).

3.1.3 Descrição da área experimental

O local de instalação do experimento foi cultivado com soja na safra de verão de 2013/2014, seguida de pousio. Posteriormente foi cultivado arroz na safra de verão de 2014/2015. A área total experimental foi de 740 m², sob sistema de irrigação por pivô central.

3.1.4 Delineamento experimental e tratamentos

O experimento foi instalado em esquema fatorial 2 X 5, em delineamento experimental de blocos casualizados com quatro repetições. O primeiro fator foi ausência/presença de inoculação das sementes com bactérias de *R. tropici*, o segundo fator foi a variação da densidade de plantas. Fixou-se o espaçamento entre fileiras em 0,45 metro e variou o número de plantas nas fileiras em cada parcela em: 4, 8, 12, 16 e 20 plantas por metro.

3.1.5 Implantação e condução do experimento

A implantação do experimento ocorreu na 3ª safra de 2015 e iniciou-se com a dessecação da palhada no dia 8 de maio de 2015, trinta dias antes da semeadura. O

dessecante utilizado possui o princípio ativo glifosato, na concentração 480 g l^{-1} e a dose foi de 3 l ha^{-1} .

O tratamento das sementes com inoculante ocorreu no dia da semeadura. Utilizou-se inoculante turfoso, produzido pelo laboratório de microbiologia da Embrapa Arroz e Feijão. O mesmo foi composto pelas estirpes de *R. tropici*, SEMIA 4077, SEMIA 4080 e SEMIA 4088, na proporção 1:1:1, na concentração de $109 \text{ células g}^{-1}$ de turfa. Essas estirpes são registradas no Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento – MAPA para tal finalidade (BRASIL, 2011).

As sementes foram colocadas em saco plástico com o inoculante e misturadas para homogeneizar. A dose utilizada foi de 250 g do inoculante para 50 kg de sementes. Após este processo foram colocadas para secar à sombra por duas horas antes de semear.

Utilizou-se uma semeadora de parcelas para implantação do experimento, onde cada parcela foi composta por quatro fileiras espaçadas entre si em $0,45 \text{ m}$ e contendo cada uma $5,3 \text{ m}$ de comprimento. A densidade de semeadura foi de 25 sementes por metro, equivalente a $555.555 \text{ sementes ha}^{-1}$. No estágio fenológico V2, plantas com as folhas primárias completamente expandidas (DIDONET; CARVALHO, 2014), realizou-se o desbaste das mesmas utilizando-se tesoura, resultando em densidades populacionais de $88.888 \text{ plantas ha}^{-1}$, $177.777 \text{ plantas ha}^{-1}$, $266.666 \text{ plantas ha}^{-1}$, $355.555 \text{ plantas ha}^{-1}$ e, por último, $444.444 \text{ plantas ha}^{-1}$.

A adubação foi realizada com o fosfato monoamônico (MAP) (11 – 54 – 00), na dose de 200 kg ha^{-1} , seguindo a recomendação de Souza e Lobato (2004). No estágio fenológico V3 (DIDONET; CARVALHO, 2014), ou seja, com o primeiro trifólio completamente expandido, realizou-se a adubação nitrogenada em cobertura a lanço, com uréia (45% de N) na dose de 200 kg ha^{-1} em todas as parcelas.

Os tratos culturais como manejo de pragas, doenças e plantas daninhas, seguiram o preconizado pelo Manejo Integrado de Pragas – MIP, Manejo Integrado de Doenças – MID e Manejo Integrado de Plantas Daninha – MIPD para a cultura do feijão-comum segundo Quintela et al. (2005) e Barbosa et al. (2009).

Ao final do ciclo da cultura, ou seja, no estágio fenológico R9 (DIDONET; CARVALHO, 2014), maturação fisiológica, realizou-se a colheita de forma manual da área útil das parcelas, as duas fileiras centrais, desprezando-se $0,5 \text{ m}$ no início e no final das mesmas.

3.1.6 Variáveis avaliadas

Foram retiradas ao acaso cinco plantas da área útil de cada parcela para avaliação dos seguintes componentes de produtividade: número de vagens, o número de grãos por vagem, a massa de 100 grãos, o percentual de peneira e, posteriormente, a produtividade de grãos.

Contou-se o número de vagens por planta destacando-as e colocando-as para secar por sete dias. Posteriormente, foram trilhadas e os grãos classificados por tamanho utilizando-se um conjunto de peneiras com orifícios oblongos medindo 3,96 mm, 4,36 mm e 4,76 mm de espessura, que são popularmente conhecidas como peneiras 10, 11 e 12, respectivamente (CARBONELL, 2010). Também quantificou-se o número de grãos por vagem.

As demais plantas remanescentes da área útil foram secadas ao sol por sete dias e, posteriormente, trilhadas para somar com os grãos da avaliação dos componentes de produtividade. Avaliou-se o teor de umidade dos grãos de cada parcela, corrigindo o teor para 13 % e, assim, calculados a massa de 100 grãos e a produtividade de grãos por hectare.

3.1.7 Análises estatísticas

Foram testadas as pressuposições de normalidade dos resíduos, homogeneidade das variâncias e aditividade dos efeitos entre os blocos e tratamentos, de todas as variáveis mensuradas, pelos testes de Shapiro-Wilk, Levene e Tukey, respectivamente, todas a 0,05 de significância. O fator inoculante foi analisado pelo teste de médias de Tukey e o fator densidade de plantas por meio da análise de regressão, ambos a 0,05 de significância.

3.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A interação entre os fatores inoculante e densidade de plantas não foi significativa para nenhuma das variáveis analisadas. A presença de inoculante influenciou a produtividade de grãos. Já a densidade de plantas influenciou o número de vagens por planta e a produtividade de grãos (Tabela 2).

Tabela 2. Análise de variância para o número de vagens por planta (NV), número de grãos por vagem (NG), massa de 100 grãos (M100G), produtividade (PG) e espessura dos grãos (EG), da cultivar superprecoce de feijão-comum BRS FC104, com e sem inoculante nas sementes, em diferentes densidades de plantas, Santo Antônio de Goiás, GO, 2015.

Fontes de variação	NV	NG	M100G	PG
Inoculante	0,193 ^{ns}	0,035 ^{ns}	0,648 ^{ns}	1271699,78*
Densidade de plantas	4,039*	0,010 ^{ns}	7,390 ^{ns}	1678104,28*
Inoculante x Densidade de plantas	0,073 ^{ns}	0,204 ^{ns}	7,024 ^{ns}	5328,18 ^{ns}
CV (%)	7,51	7,04	9,33	12,54
Média	3,94	4,85	25,14	2684,98
Transformação	\sqrt{x}	-	-	-

EG				
	Peneira 12	Peneira 11	Peneira 10	Resíduos
Inoculante	31,169 ^{ns}	90,270 ^{ns}	1,953 ^{ns}	1,953 ^{ns}
Densidade de plantas	39,995 ^{ns}	98,047 ^{ns}	16,218 ^{ns}	16,218 ^{ns}
Inoculante x Densidade de plantas	5,503 ^{ns}	24,912 ^{ns}	9,865 ^{ns}	9,865 ^{ns}
CV (%)	14,71	16,00	6,15	33,43
Média	26,69	50,84	84,46	15,53
Transformação	Arco Seno ($\sqrt{x}/100$)	-	-	-

*, ns significativo e não significativo à 0,05 de probabilidade pelo teste F de Snedecor, respectivamente.

3.2.1 Número de vagens por planta

A inoculação não contribuiu para o aumento do número de vagens por planta (Tabela 3). Esses dados corroboram com os resultados obtidos por Araújo et al. (2007), onde avaliando o efeito do tratamento de sementes na cultivar Carioca com as estirpes SEMIA 4077 e SEMIA 4080 de *R. tropici* em comparação com a adubação em cobertura com 100 kg ha⁻¹ de nitrogênio, concluíram que não houve diferença significativa para essa característica.

Tabela 3. Número de vagens por planta, com e sem inoculante nas sementes, em diferentes densidades de plantas por hectare, Santo Antônio de Goiás, GO, 2015.

Inoculante	Densidade (plantas ha ⁻¹)					Média
	88.888	177.777	266.666	355.555	444.444	
Com	25,80	17,65	13,45	11,8	9,05	15,55 A
Sem	24,40	19,10	14,02	13,50	11,35	16,47 A
Média	25,10	18,37	13,73	12,65	10,20	

Letras maiúsculas iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

DMS: 0,19; CV: 7,51%.

Shapiro-Wilk: 0,449; Levene: 0,170; Aditividade: 0,533.

Araújo et al. (2007), afirmaram ainda que o número de vagens por planta possui relação direta com a genética da cultivar estudada, portanto, pouco influenciada por questões de manejo. Discordando dessa afirmativa, nota-se no presente trabalho que independentemente da utilização de inoculante, na medida em que se aumenta a densidade de plantas, o número de vagens por planta decresceu linearmente (Figura 2).

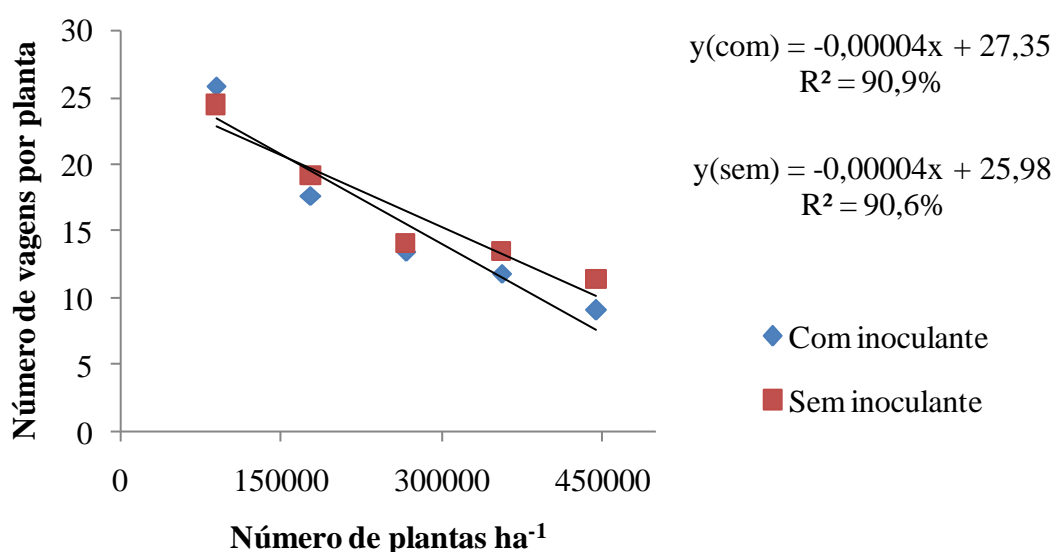


Figura 2. Número de vagens por planta em função dos tratamentos com e sem inoculante nas sementes em diferentes densidades de plantas, Santo Antônio de Goiás, GO, 2015.

Resultados semelhantes foram obtidos por Mondo e Nascente, (2017), em que estudando a cultivar BRS FC104 em seis densidades de semeadura e em dois espaçamentos distintos, por duas safras, observaram que ao diminuir o espaço médio

por planta, seja por meio da elevação da densidade ou pela diminuição do espaçamento, a produção de vagens diminuiu.

Em outro trabalho Shimada et al. (2000) obtiveram resultados parecidos, a produção de vagem por planta se elevou em resposta ao aumento do espaçamento entre linhas e da diminuição da densidade de plantas por hectare, ressaltando que o trabalho foi conduzido utilizando-se duas cultivares distintas.

Quanto maior for a quantidade de plantas competindo pela mesma quantidade de insumos (água, luz, nutrientes) maior deverá a eficiência na absorção e assimilação desses insumos. A diminuição na produção de vagens por planta em função da diminuição do espaço médio por planta pode indicar que cultivar BRS FC104 possui baixa capacidade de resposta quando os fatores de competição entre plantas são aumentados.

3.2.2 Número de grãos por vagem

O número de grãos por vagem não variou com a inoculação das sementes tampouco com a densidade de plantas (Tabela 4).

Tabela 4. Número de grãos por vagem, com e sem inoculante nas sementes, em diferentes densidades de plantas, Santo Antônio de Goiás, GO, 2015.

Inoculante	Densidade (plantas ha ⁻¹)					Média
	88.888	177.777	266.666	355.555	444.444	
Com	4,85	4,69	5,06	4,81	4,97	4,88 A
Sem	4,91	5,07	4,66	4,82	4,63	4,82 A
Média	4,88	4,88	4,86	4,81	4,80	

Letras maiúsculas iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

DMS: 0,22; CV: 7,04%.

Shapiro-Wilk: 0,028; Levene: 0,223; Aditividade: 0,343.

Esse resultado corrobora com os resultados de Araújo et al. (2007) quando afirma que alguns componentes de produção são regidos pela herança genética da variedade e que são pouco influenciadas pelo manejo. Resultados obtidos por Ferreira et al. (2000) e Barros et al. (2013) ao trabalhar com doses de fertilizantes nitrogenados,

espaçamento e densidade de plantas não obtiveram diferença significativa para essa variável, ratificando essa afirmativa.

Arf et al. (1996), Shimada (2000) e Souza et al. (2003) concluíram que variações nas condições de cultivo interferem em outros fatores de produção, porém as plantas de feijão-comum, mesmo sob condições adversas, produzem número semelhante de grãos por vagem. O resultado da produção de grãos por vagem obtido por este estudo consolida os resultados supracitados, em que não encontraram diferença para essa variável em função dos tratamentos aplicados.

3.2.3 Massa de 100 grãos

Ao avaliar os dados da massa de 100 grãos pode-se observar que o tratamento utilizando inoculante não contribuiu para o aumento da massa de grãos, o mesmo ocorreu com a densidade de plantas (Tabela 5). Esses resultados divergem do trabalho de Mondo e Nascente (2017), em que a mesma cultivar apresentou efeito positivo para aumento da massa de grãos no tratamento com a menor densidade de plantas.

Tabela 5. Massa de 100 grãos, com e sem inoculante nas sementes, em diferentes densidades de plantas, Santo Antônio de Goiás, GO, 2015.

Inoculante	Densidade (plantas ha ⁻¹)					Média
	88.888	177.777	266.666	355.555	444.444	
Com	24,54	26,60	24,36	24,13	25,44	25,01 A
Sem	27,41	25,25	25,96	23,07	24,65	25,27 A
Média	25,97	25,93	25,16	23,60	25,04	

Letras maiúsculas distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

DMS: 25,14; CV: 9,33%.

Shapiro-Wilk: 0,510; Levene: 0,213; Aditividade: 0,933.

A inoculação das sementes e a densidade de plantas não influenciaram a variável massa de 100 grãos, porém no trabalho conduzido por Cunha et al. (2011) encontraram resultados favoráveis para essa característica quando trabalharam com aplicação de doses crescentes de nitrogênio em cobertura, mas não observaram diferença significativa quando avaliaram o efeito de fontes distintas de N.

3.2.4 Percentual de resíduo de grãos e de grãos retidos nas peneiras 10, 11 e 12

O mercado consumidor é quem define o tipo comercial de grãos de feijão que desejam consumir assim como as características que os mesmos devem possuir para atender esse mercado cada vez mais seletivo e exigente. Os programas de melhoramento genético de feijão-comum dedicam cada vez mais esforços para desenvolver cultivares do tipo comercial carioca que possuam, dentre outras características, grãos que possuam espessuras maiores, além do tegumento com coloração mais clara e que demande menos tempo de cocção (MELO et al. 2007; CARBONELL et al. 2010).

Sendo a espessura de grãos fator relevante para a comercialização de feijão-comum, nota-se que a cultivar BRS FC104 mostrou-se pouco responsiva ao tratamento de sementes com as estirpes SEMIA 4077, SEMIA 4080 e SEMIA 4088 de *Rhizobium tropici* para essa característica, uma vez que a espessura dos grãos não se diferenciou em relação aos tratamentos sem inoculante (Tabela 6).

Tabela 6. Percentual de resíduos de grãos (peneira <10) e de grãos retidos na peneira 10 (3,96 mm), peneira 11 (4,36 mm) e peneira 12 (4,76 mm) da cultivar superprecoce BRS FC104, com e sem inoculante nas sementes, em diferentes densidades de plantas, Santo Antônio de Goiás, GO, 2015.

Inoculante	Densidade (plantas ha ⁻¹)					Média
	88.888	177.777	266.666	355.555	444.444	
Resíduo de grãos						
Com	12,34	14,75	17,45	17,10	14,92	15,31 A
Sem	14,69	14,4	15,12	16,58	17,98	15,75 A
Média	13,51	14,57	16,28	16,84	16,45	
Peneira 10						
Com	87,65	85,24	82,54	82,90	85,07	84,68 A
Sem	85,30	85,59	84,87	83,41	82,01	84,24 A
Média	86,47	85,41	83,70	83,15	83,54	
Peneira 11						
Com	58,04	53,21	46,61	52,16	51,68	52,34 A
Sem	53,51	52,66	48,23	47,91	44,37	49,34 A

Média	55,77	52,93	47,42	50,03	48,02	
Peneira 12						
Com	26,51	22,63	17,47	22,06	19,86	21,71 A
Sem	24,11	21,03	18,48	18,18	14,85	19,33 A
Média	25,31	21,83	17,97	20,12	17,35	
Transformação	Arco Seno ($\sqrt{x}/100$)					

Letras maiúsculas distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

DMS: 3,37; 3,37; 5,27; 2,54 = Resíduo de grãos; Peneira 10; Peneira 11; Peneira 12, respectivamente.

CV: 33,43%; 6,15%; 16,00%; 14,71% = Resíduo de grãos; Peneira 10; Peneira 11; Peneira 12, respectivamente.

Shapiro-Wilk: 0,848; 0,848; 0,909; 0,896 = Resíduo de grãos; Peneira 10; Peneira 11; Peneira 12, respectivamente.

Levene: 0,545; 0,545; 0,758; 0,598 = Resíduo de grãos; Peneira 10; Peneira 11; Peneira 12, respectivamente.

Aditividade: 0,846; 0,846; 0,111; 0,074 = Resíduo de grãos; Peneira 10; Peneira 11; Peneira 12, respectivamente.

3.2.5 Produtividade de grãos

A inoculação das sementes afetou a produtividade de grãos, onde nos tratamentos em que as sementes foram inoculadas a produtividade de grãos foi significativamente menor. Portanto, para a cultivar de feijão-comum superprecoce BRS FC104 a inoculação das sementes, com as estirpes de *R. tropici* aqui estudadas, não se tornou uma prática viável (Tabela 7).

Tabela 7. Produtividade de grãos de feijão-comum (kg ha⁻¹), com e sem inoculante nas sementes, em diferentes densidades de plantas, Santo Antônio de Goiás, GO, 2015.

Inoculante	Densidade (plantas ha ⁻¹)					Média
	88.888	177.777	266.666	355.555	444.444	
Com	1.811	2.297	2.667	2.748	3.010	2.507 B
Sem	2.159	2.740	2.972	3.087	3.358	2.863 A
Média	1.985	2.740	2.819	2.918	3.184	

Letras maiúsculas distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

DMS: 218,4; CV: 12,54%.

Shapiro-Wilk: 0,596; Levene: 0,003; Aditividade: 0,846.

Resultados semelhantes ao deste trabalho ocorreu no estudo realizado por Pereira et al. (2015), onde avaliando dezessete genótipos de *P. vulgaris*, em quatro locais/anos distintos não encontrou resultados favoráveis à utilização de inoculante. Em outro estudo, Brito et al. (2015) trabalhando com duas cultivares, em três locais distintos, concluíram que a inoculação com estirpes comerciais de rizóbio aumentou o rendimento de grãos. Os resultados deste trabalho são possivelmente explicados devido ao ciclo precoce da cultivar avaliada, tendo em vista a necessidade de tempo para que a planta e as bactérias possam desencadear todo o processo de simbiose conforme enaltecido por Hungria e Stacey (1997) e Hungria, Vargas e Araújo (1997). Pacheco et al. (2013) mostraram que cultivares precoces podem apresentar resultados positivos em relação à inoculação, porém, em seu trabalho, não foi avaliada nenhuma cultivar do grupo comercial carioca com o ciclo tão precoce como a BRS FC104.

O decréscimo do número de vagens por planta (Figura 1) necessariamente não se traduziu em decréscimo de produtividade de grãos, visto que houve aumento desta variável quando se elevou o número de plantas por hectare. As produtividades de grãos foram crescentes e lineares, na medida em que se elevou a densidade de plantas, tanto na ausência quanto na presença do inoculante (Figura 3).

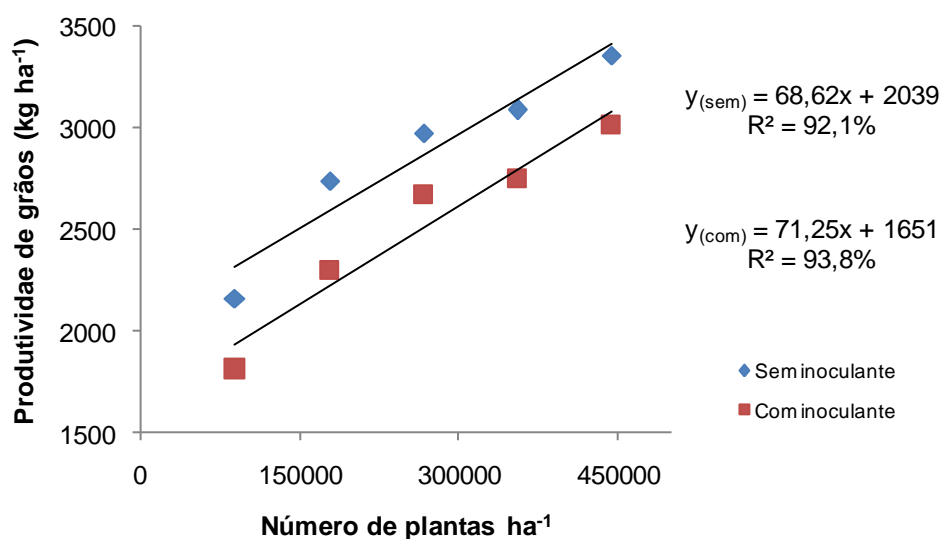


Figura 3. Produtividade de grãos (kg ha^{-1}) em função dos tratamentos com e sem inoculante nas sementes em diferentes densidades de plantas, Santo Antônio de Goiás, GO, 2015.

Em trabalho realizado com variação de espaçamento entre linhas e densidade de semeadura, com a cultivar Jalo Precoce e uma linhagem, ambas de ciclo semi-precoce (75 a 85 dias), foi encontrada diferença significativa para produtividade somente para espaçamento entre linhas (DIDONET; COSTA, 2004). Isso indica que maiores ganhos em produtividade podem ser alcançados se o espaçamento entre fileira for variado em conjunto com a densidade de plantas.

Em resumo, mais estudos são necessários para se compreender as causas do efeito negativo na produtividade de grãos quando se inocula cultivares precoces com as estirpes de *R. tropici* e somente o ajuste de densidade de plantas na fileira não é suficiente para recomendação de arranjo espacial de plantas para a cultivar BRS FC104.

3.3 CONCLUSÕES

A inoculação das sementes da cultivar superprecoce de BRS FC104 com as estirpes SEMIA 4077, SEMIA 4080 e SEMIA 4088 de *Rhizobium tropici* não teve efeito significativo para o aumento do número de vagens por planta, número de grãos por vagem, massa de 100 grãos e espessura de grãos.

A inoculação das sementes da cultivar BRS FC104 com *Rhizobium tropici* provocou efeito negativo na produtividade de grãos em todas as densidades de semeadura.

O aumento da densidade de plantas por hectare aumentou a produtividade de grãos, seja com ou sem a inoculação.

O aumento da densidade de plantas teve efeito negativo sobre o número de vagens por planta, não afetando os demais componentes de produtividade.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, F. F. de et al. Fixação biológica de N² no feijoeiro submetido a dosagens de inoculante e tratamento químico na semente comparado a adubação nitrogenada. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 29, n. 4, p. 535-540, 2007.
- ARF, O. et al. Efeito de diferentes espaçamentos e densidades de semeadura sobre o desenvolvimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 31, n. 9, p. 629-634, 1996.
- BARBOSA, F. R. et al. **Sistema de produção integrada do feijoeiro comum na região central brasileira**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2009. 28 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Circular técnica, 86).
- BARBOSA, F. R.; GONZAGA, A. C. de O. (Ed.). **Informações técnicas para o cultivo do feijoeiro-comum na Região Central-Brasileira: 2012-2014**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2012. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 272).
- BARROS, R. L. N. et al. Interação entre inoculação com rizóbio e adubação nitrogenada de plantio na produtividade do feijoeiro nas épocas da seca e das águas. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 4, p. 1443-1449, jul./ago. 2013.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa Nº 13, de 24 de março de 2011. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 25 mar. 2011. Seção 1.
- BRITO L. F. de et al. Resposta do feijoeiro comum à inoculação com rizóbio e suplementação com nitrogênio mineral em dois biomas brasileiros. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 4, p. 981-992, jul./ago. 2015.
- CARBONELL, S. A. M. et al. Tamanho de grão comercial em cultivares de feijoeiro. **Ciência Rural**, v. 40, n. 10, p. 2067-2073, 2010.
- CUNHA, P. C. R. et al. Fontes, formas de aplicação e doses de nitrogênio em feijoeiro irrigado sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, n. 1, p. 80-86, 2011.
- DIDONET, A. D.; COSTA, J. G. C. da. População de plantas e rendimento de grãos em feijoeiro comum de ciclo precoce. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 34, n. 2, p.105-109, set. 2004.
- DIDONET, A. D.; CARVALHO, M. A. de F. Fisiologia. In: GONZAGA, A. C. de O. **Feijão: O produtor pergunta, a Embrapa responde**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2014. p. 31 - 40.
- EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO. **Dados conjunturais da produção de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) e caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) no Brasil (1985 a 2015): área, produção e rendimento**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e

Feijão, 2016. Disponível em:
<<http://www.cnpaf.embrapa.br/socioeconomia/index.htm>>. Acesso em: 18 set. 2017.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solos:** dados eletrônicos. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230 p.

FERREIRA, A. N. et al. Estirpes de *Rhizobium tropici* na inoculação do feijoeiro. **Scientia Agricola**, v. 57, n. 3, p. 507-512, 2000.

HUNGRIA, M.; STACEY, G. Molecular signals exchanged between host plants and rhizobia: basic aspects and potential application in agriculture. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 29, n. 5/6, p. 819-813, 1997.

HUNGRIA, M.; VARGAS, M. A. T.; ARAUJO, R. S. Fixação biológica do nitrogênio em feijoeiro. In: VARGAS, M. A. T.; HUNGRIA M. (Ed.). **Biologia dos solos do cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 1997. p. 189-294.

LIMA, R. T. et al. Densidade de plantas e fontes de nitrogênio no cultivo de feijoeiro/plant density and nitrogen sources on the bean farming. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v. 10, n. 3, p. 327-338, 2016.

MELO, L. C. et al. Interação com ambientes e estabilidade de genótipos de feijoeiro-comum na Região Centro-Sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 5, p.715-723, 2007.

MONDO, V. H. V.; NASCENTE, A. S. Spatial arrangements for super-early genotypes for common bean production. **Colloquium Agrariae**, v. 13, n. 1, p. 93 -102, 2017.

PACHECO, R. S. et al. Biomassa e produtividade de cultivares de feijoeiro inoculadas com rizóbio em comparação à adubação nitrogenada. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO, 34., 2013, Florianópolis. **Anais...** Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2013.

PEREIRA, H. S. et al. Título. **Ciência Rural**, v. 45, n. 12, p. 2168(6), 2015.

QUINTELA, E. D. et al. **Manejo fitossanitário do feijoeiro**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. 16 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Circular técnica, 73).

SANTOS, H. G. dos et al. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353 p.

SANTOS, J. B. DOS; GAVILANES, M. L. Botânica. In: VIEIRA, C.; PAULA JUNIOR, T. J. de; BORÉM, A. **Feijão**. 2. ed... Viçosa, MG: UFV, 2006. p. 41 – 65.

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

SORATTO, R. P. et al. Plant density and nitrogen fertilization on common bean nutrition and yield. **Revista Caatinga**, v. 30, n. 3, p. 670-678, 2017.

SOUSA, D. M. G, de; LOBATO, E. Calagem e adubação para culturas anuais e semiperenes. In: SOUSA, D. M. G, DE; LOBATO, E. 2. ed.). **Cerrado:** correção do solo e adubação. Brasília, DF: Embrapa, 2004. p. 283 - 315.

SOUZA, A. B. DE; ANDRADE, M. J. B. DE; MUNIZ, J. A. Altura de planta e componentes do rendimento do Feijoeiro em função de população de plantas, Adubação e calagem. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 27, n. 6, p. 1205 – 1213, nov./dez., 2003.

**CAPÍTULO 2: MANEJO DE NITROGÊNIO PARA CULTIVAR
SUPERPRECOCE DE FEIJÃO-COMUM SUBMETIDA À INOCULAÇÃO DE
SEMENTES COM *RHIZOBIUM TROPICI* NA 3ª SAFRA**

RESUMO

Com o lançamento da cultivar superprecoce BRS FC104, estudos de manejo de nitrogênio fizeram-se necessários, com isso, objetivou-se com este trabalho quantificar a responsividade da cultivar de feijão-comum superprecoce BRS FC104 cultivado frente à inoculação das sementes com bactérias de *Rhizobium tropici* e a doses de nitrogênio aplicadas em diferentes estádios fenológicos da cultura. O experimento foi conduzido na 3ª safra, no outono-inverno, seguindo o delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições em esquema fatorial 2X3X3+2. Como primeiro fator tem-se a inoculação das sementes com bactérias de *Rhizobium tropici*; o segundo composto por épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura e o terceiro a adubação nitrogenada nas doses de 50, 100 e 150 kg ha⁻¹. Além desses tratamentos o experimento contou com mais dois tratamentos adicionais (somente inoculante e o outro sem inoculante e sem nitrogênio, como testemunha absoluta). A inoculação das sementes com *Rhizobium tropici* não resultou efeito positivo para as variáveis massa de matéria seca da parte aérea, número de grãos por vagem, massa de 100 grãos, produtividade de grãos, percentual de resíduos de grãos, percentual de grãos retidos nas peneiras 10 e 12. A aplicação de nitrogênio na germinação das sementes apresentou resultados deletérios para o número de plantas por hectare e para a produtividade de grãos. A aplicação de nitrogênio em cobertura é uma prática fundamental para se obter ganhos em produtividade de grãos para a cultivar de feijão-comum superprecoce BRS FC104.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris* L.; fixação biológica de nitrogênio; adubação nitrogenada; cultivar superprecoce.

ABSTRACT

With the launching of super early cultivar BRS FC104, nitrogen management studies were necessary, with the aim of quantifying the responsiveness of BRS FC104 super-common bean cultivar, compared to the inoculation of seeds with *Rhizobium tropici* bacteria and at doses of nitrogen applied at different phenological stages of the crop. The experiment was conducted in the 3rd harvest, in autumn-winter, following the randomized block design, with four replications in a 2X3X3+2 factorial scheme. Seed inoculation with *Rhizobium tropici* bacteria is the first factor; the second was composed of times of application of nitrogen in coverage and the third was nitrogen fertilization in doses of 50, 100 and 150 kg ha⁻¹. In addition to these treatments, the experiment had two additional treatments (inoculant only and the other without inoculant and without nitrogen, as absolute control). The inoculation of the seeds with *Rhizobium tropici* did not have a positive effect on the variables of aerial part dry mass, number of grains per pod, mass of 100 grains, grain yield, percentage of grain residues, percentage of grains retained in sieves 10 and 12. The application of nitrogen in the germination of the seeds presented deleterious results for the number of plants per hectare and for grain yield. The application of nitrogen under cover is a fundamental practice to obtain gains in grain yield for BRS FC104 super-common bean cultivar.

Keywords: *Phaseolus vulgaris* L.; nitrogen biological fixation; nitrogen fertilization; super early cultivar.

4 INTRODUÇÃO

Os sistemas de irrigação, dentre eles o pivô-central, viabilizaram o cultivo de inverno em regiões antes limitadas pela falta de água. O feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma cultura que obteve destaque nesse sistema de cultivo. Em 2016, a área ocupada foi da ordem de 192.943 mil hectares. Devido ao nível tecnológico empregado e aos investimentos realizados, a produtividade média de grãos foi a mais elevada dentre as três épocas de cultivos no Brasil, alcançando 2.462 kg ha⁻¹ (EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO, 2017).

As disponibilidades de tecnologias e de insumos podem trazer uma série de benefícios, facilitando o manejo das culturas e possibilitando maiores vantagens econômicas por meio da elevação da produtividade. Porém, o uso incorreto e indiscriminado de insumos pode carregar consigo uma série de problemas, como contaminação do meio ambiente e elevação dos custos de produção.

A aplicação de fertilizantes químicos nitrogenados é uma metodologia bastante difundida na agricultura e seu uso, em alguns casos, é demasiado no sistema de cultivo de 3^a safra e passa a ser alvo de grandes questionamentos nos âmbitos dos custos de produção e por serem potenciais poluidores ambientais. As perdas desses fertilizantes podem ocorrer das mais variadas formas, destacando-se a lixiviação e a volatilização.

Estudar a melhor época de aplicação do fertilizante e a dose ideal para se obter ganhos em rendimento se constituem como tecnologias fundamentais para ganhos de produtividade. A utilização correta dos insumos na agricultura pode diminuir as perdas e potencializar o seu aproveitamento, revertendo o investimento em produtividade e reduzir os custos de produção.

Com o intuito de estabelecer uma agricultura mais sustentável do ponto de vista econômico e ambiental, a fixação biológica de nitrogênio surge como uma alternativa para o fornecimento de nitrogênio (N). Porém, a eficiência e a estabilidade no suprimento das plantas desse nutriente ainda são grandes entraves para adoção dessa tecnologia.

Para Hungria, Vargas e Araújo (1997) a interação entre a planta, as bactérias fixadoras de nitrogênio e o ambiente de cultivo são fundamentais na obtenção de resultados significativos em produtividade de grãos em feijoeiro. Baseando-se nessa informação faz-se necessário avaliar a eficiência da fixação biológica de nitrogênio

frente ao material genético/cultivar de forma individual e em ambientes de cultivo distintos, para verificar a sua real capacidade de potencializar a produtividade de grãos.

O nitrogênio é o principal responsável pelo crescimento das plantas e para expressão do potencial produtivo das culturas, sua carência se constitui como um dos principais fatores de queda de produtividade (FAGERIA; BALIGAR, 2005). Segundo Bernardes et al. (2014), os resultados encontrados nos trabalhos científicos para adubações nitrogenadas na cultura do feijoeiro são muito divergentes, sendo bastante influenciados pelo material genético/cultivar, solo e sua composição química, teor de matéria orgânica, cultura anterior e quantidade e disponibilidade de água no solo.

Sendo assim, o ajuste de curvas de resposta ao N pode ajudar a definir épocas de aplicação e as doses, em ambientes e épocas distintas para cada cultivar. Com o lançamento da cultivar de feijão-comum superprecoce BRS FC104 estudos de manejo fizeram-se necessários, visto que essa nova cultivar, do grupo comercial carioca possui o menor ciclo produtivo dentre as principais cultivares que estão atualmente no mercado, que é de aproximadamente 60 dias.

Como a precocidade é uma das características mais demandadas pelo setor produtivo, ainda sem recomendações de manejo, o objetivo deste estudo foi quantificar a responsividade da cultivar BRS FC104 à inoculação das sementes com *Rhizobium tropici* e da aplicação de doses de nitrogênio, em cobertura, em diferentes estádios fenológicos da cultura, no cultivo da 3ª safra.

4.1 MATERIAL E MÉTODOS

4.1.1 Localização

O experimento foi conduzido no município de Santo Antônio de Goiás, Estado de Goiás, na Fazenda Capivara, de propriedade da Embrapa. As coordenadas geográficas são Latitude 16°29'51,5" S e Longitude 49°17'03,4" W, e altitude média de 830 metros.

Durante a condução do experimento as temperaturas mínima (T min) e máxima (T max) permaneceram próximas de 15 e 30°C aproximadamente. Ocorreu queda brusca na radiação solar (RadSol) como consequência da precipitação (Prec) ocorrida no final do ciclo de cultivo (Figura 4).

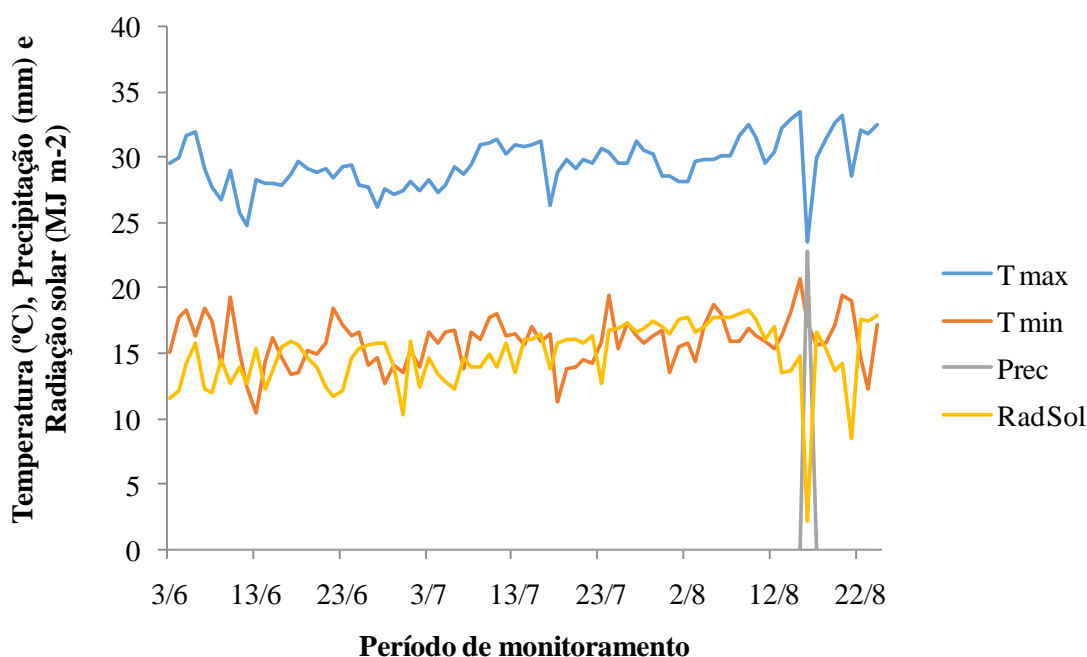


Figura 4. Dados meteorológicos durante a condução do experimento. Santo Antônio de Goiás-GO, 2016.

4.1.2 Solo

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho distrófico (SANTOS et al. 2013), com 348 g kg⁻¹ de argila, 270 g kg⁻¹ de silte e 383 g kg⁻¹ de areia. A composição química revelou que o pH se encontrava em uma faixa ideal para a

cultura. O cálcio (Ca) e o magnésio (Mg) apresentavam valores adequados, já o fósforo (P) apresentou baixo médio, ao contrário do potássio que estava elevado (Tabela 8). A interpretação foi realizada segundo Embrapa, (2011).

Tabela 8. Caracterização química do solo da área experimental, Santo Antônio de Goiás, GO, 2016.

pH	Ca ²⁺	Mg ³⁺	Al ³⁺	H + Al ³⁺	P	K	Cu	Zn	Fe	Mn	MO
mmolc dm ⁻³mg dm ⁻³				g dm ⁻³		
5,6	19,0	9,0	0,0	29,0	10,4	116,0	1,3	1,4	14,0	3,1	30,0

Prof. = profundidade; pH em água – medida potencial hidrogênio iônico da mistura de solo e água (1:1); Ca, Mg – extraídos em solução de KCl 1 mol l⁻¹ e determinados por espectroscopia de absorção atômica; Al – extraído em solução de KCl 1 mol l⁻¹ e determinado por titulometria; H+Al – extraídos em acetato de cálcio 0,5 mol l⁻¹ e determinado por titulometria; P, K, Cu, Zn, Fe, Mn - extraídos em solução Melich 1 e determinados por espectroscopia de absorção atômica; MO – oxidação por solução sulfocrômica seguida de determinação por espectrofotometria (EMBRAPA, 2011).

4.1.3 Descrição da área experimental

A área de implantação do experimento foi cultivada com milho no verão 2014/2015, seguido de pousio, posteriormente cultivou-se milheto e crotalária, em sistema de consórcio. Na safra de verão de 2015/2016 cultivou-se arroz e no inverno de 2016 o experimento foi implantado em sistema plantio direto, ocupando área de 1600 m².

O fornecimento de água às plantas se deu pelo sistema de irrigação por pivô-central. Para subsidiar o manejo da irrigação e, assim, garantir o suprimento de água às plantas em condições próximas ao ideal, foi utilizada uma sonda de capacitância de umidade do solo. Durante o desenvolvimento da cultura o teor de água no perfil do solo, em %, foi medido em várias datas e se deu na profundidade de 0,00 a 1,00 m, sendo aferida a cada 0,10 m. Nesse estudo foi apresentado o teor de água no solo somente para as profundidades 0-10; 10-20; 20-30 e 30-40 cm. A partir de 40 cm de profundidade, basicamente não houve alteração no teor de água do solo (Figura 5).

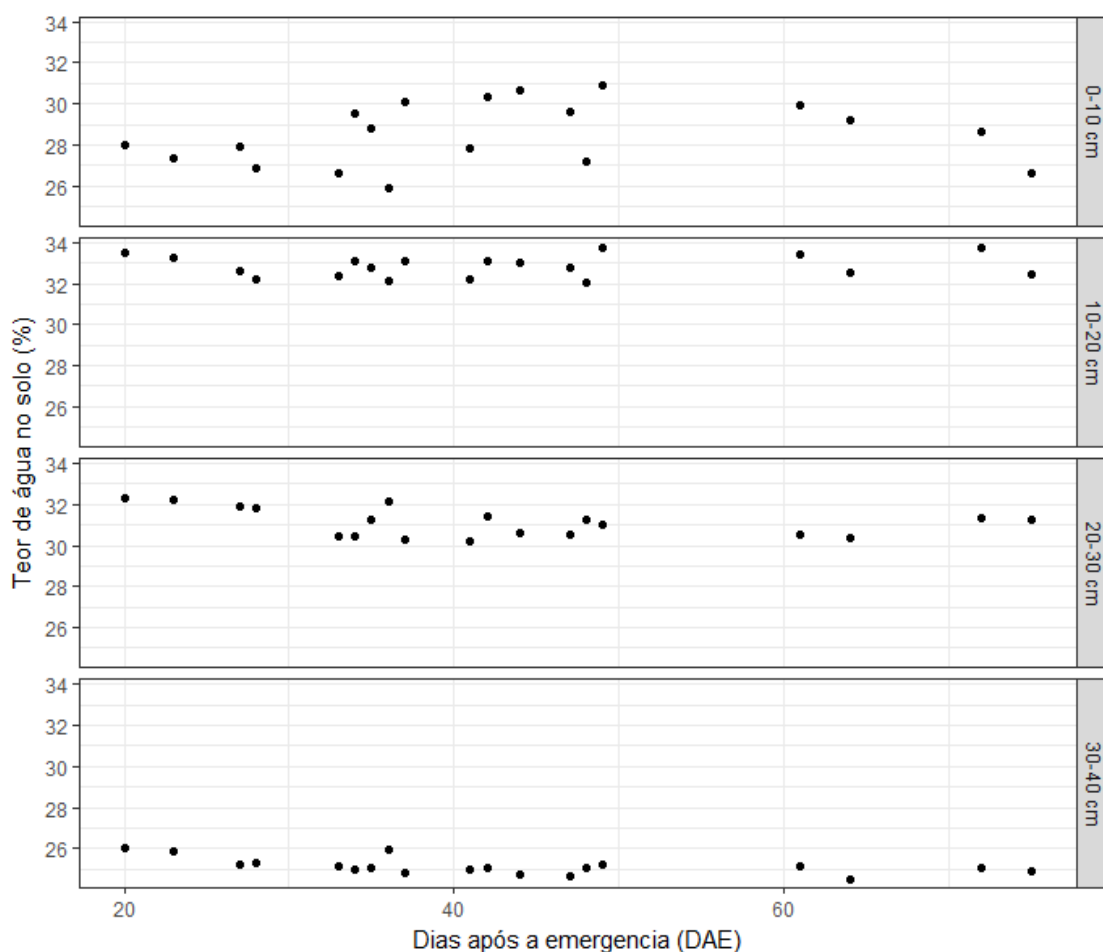


Figura 5. Teor volumétrico de água no solo (%) para as profundidades de 0-10, 10-20, 20-30 e 30-40 cm, durante o ciclo da cultivar superprecoce de feijão-comum BRS FC104. Santo Antônio de Goiás, GO, 2016.

O teor de água no solo permaneceu próximo de 30% até a profundidade de 20 cm, inferindo a inexistência de déficit hídrico durante o ciclo da cultura. TIBAU, (1976) mostrou que o ponto de murcha permanente ocorre quando esse percentual decresce de 18% e que o a capacidade de campo ocorre quando o solo apresenta 35% de teor de água, para solos argilosos, valor próximo ao registrado neste estudo (Figura 5).

4.1.4 Delineamento experimental e tratamentos

O experimento foi implantado seguindo o delineamento experimental de blocos casualizados, contendo quatro repetições em esquema fatorial 2X3X3+2. Como primeiro fator analisou-se a inoculação, por meio da ausência/presença de tratamento das sementes com bactérias de *R. tropici*, utilizando-se as estirpes SEMIA 4077,

SEMIA 4080 e SEMIA 4088, na proporção 1:1:1, na concentração de 10^9 células g^{-1} de turfa. O inoculante turfoso foi produzido no laboratório de microbiologia da Embrapa Arroz e Feijão e as estirpes utilizadas são registradas no Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento – MAPA para tal finalidade (BRASIL, 2011).

O segundo fator avaliado foi época de aplicação de nitrogênio em cobertura, baseando-se nos estádios fenológicos da cultura. Para isso foram estabelecidas três épocas de aplicação, estágio fenológico V0, correspondente à germinação das sementes; estágio fenológico V2, planta com folhas primárias completamente expandidas; e por fim o estágio fenológico V4, onde o 3º trifólio encontra-se completamente expandido (DIDONET; CARVALHO, 2014).

O terceiro fator foi doses de nitrogênio aplicadas em cobertura. Assim, definiu-se as doses de 50, 100 e 150 $kg\ ha^{-1}$ de nitrogênio. Os dois tratamentos adicionais não receberam fertilizante nitrogenado. No adicional 1 foi realizado somente o tratamento de sementes com inoculante e no adicional 2 não houve tratamento de sementes e aplicação de N.

4.1.5 Implantação e condução do experimento

O experimento foi implantado em sistema plantio direto e iniciou-se com a dessecação da área, no dia 3 de maio de 2016, trinta dias antes da semeadura. O dessecante utilizado possui o princípio ativo glifosato, na concentração 480 $g\ l^{-1}$ e a dose utilizada foi de 3 $l\ ha^{-1}$.

A dose de inoculante utilizada foi de 250 g para cada 50 kg de sementes. Após este processo, as mesmas foram colocadas para secar à sombra por duas horas, posteriormente realizou-se a semeadura.

A implantação do experimento foi realizada com semeadora de parcelas para semeadura direta. Cada parcela foi composta por quatro fileiras, contendo 5,3 m de comprimento, espaçadas entre si em 0,45 m. Foi utilizada a densidade de 444.444 sementes ha^{-1} . A adubação utilizada na semeadura foi o fosfato monoamônico (MAP) (11 – 54 – 00), na dose de 200 $kg\ ha^{-1}$, seguindo a recomendação de Sousa e Lobato, (2004).

Nos estádios fenológicos V0, V2 e V4 foram realizadas as adubações nitrogenadas em cobertura. Esta adubação se deu à lanço, de forma manual e de uma só vez. A fonte de fertilizante utilizada foi a uréia (45% de N), na dose de 200 kg ha⁻¹.

Os tratos culturais referentes ao manejo de pragas, doenças e plantas daninhas, seguiram o preconizado pelo Manejo Integrado de Pragas – MIP, Manejo Integrado de Doenças – MID e Manejo Integrado de Plantas Daninha - MIPD para a cultura do feijão-comum (BARBOSA et al. 2009; QUINTELA et al. 2005).

Ao final do ciclo da cultura, estágio fenológico R9, maturação fisiológica (DIDONET; CARVALHO, 2014), realizou-se a colheita da área útil das parcelas de forma manual. Foram colhidos três metros de fileiras de plantas de cada uma das duas fileiras centrais, desprezando-se 1,80 m no início e 0,5 m no final das mesmas, como sendo áreas de bordadura.

4.1.6 Variáveis avaliadas

No momento do florescimento pleno da cultura, estágio fenológico R6 (DIDONET; CARVALHO, 2014), realizou-se a coleta de 5 plantas ao acaso, nas duas fileiras centrais, utilizando os primeiros 1,8 m de cada parcela. Essas plantas foram secadas em estufa a 60°C por sete dias, posteriormente calculou-se a massa da matéria seca.

Durante o processo de colheita, na maturação fisiológica da cultura, estágio fenológico R9 (DIDONET; CARVALHO, 2014), foi contado o número de plantas da área útil das parcelas. Deste conjunto de plantas, foram retiradas cinco ao acaso para avaliação dos componentes de produtividade. Contabilizou-se o número de vagens, o número de grãos por vagem, a massa de 100 grãos, a produtividade de grãos, o percentual de peneira e, posteriormente avaliou-se o teor de proteína dos grãos.

Para a contagem do número de vagens, as mesmas foram destacadas das plantas e contadas individualmente, após a contagem, as vagens foram colocadas para secar em temperatura ambiente por sete dias e posteriormente foram trilhadas. Os grãos foram contados e, também, foi realizada a classificação dos mesmos por espessura, utilizando-se um conjunto de peneiras. As peneiras continham orifícios oblongos medindo 3,96 mm, 4,36 mm e 4,76 mm de espessura. As peneiras de classificação de grãos de feijão são popularmente conhecidas como peneiras 10, 11 e 12, respectivamente. Os grãos

retidos nessas peneiras são considerados comerciais e os menores do que 3,96 mm (peneira 10) em espessura não possuem valor comercial e são chamados de resíduo (CARBONELL et al. 2010).

As demais plantas remanescentes da área útil de cada parcela foram secadas ao sol por sete dias e posteriormente trilhadas. Após este processo, os grãos foram somados aos grãos das cinco plantas utilizadas para retirada dos dados de componentes de produtividade. Aferiu-se o teor de umidade dos grãos e a pesagem dos mesmos. Após esse processo o teor de umidade foi corrigido para 13 % e, assim, calculados a massa de 100 grãos e a produtividade de grãos por hectare.

4.1.7 Análises estatísticas

Para cada variável testou-se as pressuposições de normalidade dos resíduos, homogeneidade das variâncias e aditividade dos efeitos entre os blocos e tratamentos pelos testes de Shapiro-Wilk, Levene e Tukey, respectivamente, todas à 0,05 de significância. Os fatores inoculante e épocas de aplicação de nitrogênio foram analisados pelo teste de médias Tukey e o fator doses de nitrogênio por meio da análise de regressão, ambos a 0,05 de significância.

4.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A interação entre as fontes de variação inoculante, épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura e doses de nitrogênio foi significativa para o número de plantas por hectare, número de vagens por planta, número de grãos por vagem, espessura de grãos na peneira >11 e teor de proteína dos grãos. O mesmo não ocorreu para, massa da matéria seca da parte aérea, massa de 100 grãos, produtividade de grãos, percentual de resíduo de grãos e percentual de grãos retidos nas peneiras >10 e >12 (Tabela 9). Ademais, é possível observar que houve diferença entre os tratamentos fatoriais e os dois tratamentos adicionais, para todas as variáveis analisadas, exceto para a massa de matéria seca da parte aérea. O tratamento adicional 1, onde se utilizou apenas inoculante nas sementes, se diferenciou do adicional 2, tratamento que não recebeu inoculante nas sementes e nitrogênio, para as variáveis massa de 100 grãos e em todas as espessuras de grãos avaliadas (Tabela 9).

Tabela 9. Análise de variância para o número de plantas por hectare (NP), massa da matéria seca da parte aérea (MS), número de vagens por planta (NV), número de grãos por vagem (GV), massa de 100 grãos (M100G), produtividade de grãos (PG), espessura dos grãos (EG) e do teor de proteína dos grãos (TP), da cultivar de feijão-comum BRS FC104. Santo Antônio de Goiás, GO, 2016.

Fontes de variação	NP	MS	NV	GV	M100G	PG
IN ¹	15150901947*	0,75 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,01 ^{ns}	9747 ^{ns}
EF ¹	16612553809*	5,96*	0,71*	0,48*	0,06 ^{ns}	1807379*
DN ¹	8859355991*	2,21 ^{ns}	0,73*	0,27*	14,56*	514549*
IN x EF	2780067096*	1,15 ^{ns}	0,27*	0,20*	0,92 ^{ns}	783683*
IN x DN	684155843 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,13 ^{ns}	189595*
EF x DN	17593353847*	1,46 ^{ns}	0,93*	0,29*	0,32 ^{ns}	376572*
IN x EF x DN	1533493096*	1,08 ^{ns}	0,59*	0,07*	2,06 ^{ns}	103183 ^{ns}
Fatorial x Adicional 1 x Adicional 2	7442177164*	0,76 ^{ns}	2,55*	0,30*	40,77*	2653069*
Adicional 1 x Adicional 2	42866941 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,01 ^{ns}	7,48*	20116 ^{ns}
CV (%)	6,49	18,34	3,76	3,50	4,61	6,89
Média	330787	4,69	4,02	4,97	20,78	3538
Transformação	-	-	\sqrt{x}	-	-	-
EG						TP
	Pen. 12	Pen. 11	Pen. 10	Res.		
IN	35,9 ^{ns}	27,1 ^{ns}	14,2 ^{ns}	14,2 ^{ns}	26,47*	
EF	29,4 ^{ns}	84,2 ^{ns}	24,1 ^{ns}	24,1 ^{ns}	13,50*	
DN	192,0*	121,8 ^{ns}	15,1 ^{ns}	15,1 ^{ns}	106,79*	
IN x EF	66,4*	96,5 ^{ns}	17,6 ^{ns}	17,6 ^{ns}	27,48*	
IN x DN	0,7 ^{ns}	26,3 ^{ns}	8,8 ^{ns}	8,8 ^{ns}	4,57 ^{ns}	
EF x DN	4,1 ^{ns}	25,4 ^{ns}	10,8 ^{ns}	10,8 ^{ns}	5,51 ^{ns}	
IN x EF x DN	33,0 ^{ns}	4,79*	9,0 ^{ns}	9,0 ^{ns}	11,34*	
Fatorial x Adicional 1 x Adicional 2	689,1*	1275,2*	200,6*	200,6*	77,16*	

Adicional 1 x Adicional 2	175,2*	456,0*	151,8*	151,8*	2,06 ^{ns}
CV (%)	7,8	8,1	5,9	32,5	7,00
Média	48,1	79,8	76,6	13,8	22,50
Transformação	Arco Seno ($\sqrt{x/100}$)	-	Arco Seno ($\sqrt{x/100}$)	Arco Seno ($\sqrt{x/100}$)	-

*; ns = significativo e não significativo à 0,05 de probabilidade pelo teste F de Snedecor, respectivamente.

¹ IN = Inoculante; EF = Estádio fenológico de aplicação de nitrogênio; DN = Dose de nitrogênio.

4.2.1 Número de plantas por hectare

Nos tratamentos que receberam inoculante nas sementes o número de plantas ao final do ciclo da cultura, estágio fenológico R9 (DIDONET; CARVALHO, 2014), foi menor em relação aos tratamentos não inoculados e que receberam nitrogênio em cobertura. No tratamento adicional 1, que recebeu somente o inoculante, o número de plantas foi maior em relação a média de todos os demais tratamentos que receberam inoculante e nitrogênio em cobertura, isso pode ser atribuído à interação entre o inoculante e o nitrogênio (Tabela 10).

Tabela 10. Número de plantas em função da inoculação das sementes (IS) e doses de nitrogênio (DN) em diferentes estádios fenológicos (EF). Santo Antônio de Goiás, GO, 2016.

IS	EF	DN (kg ha ⁻¹)			Médias (IS)	Médias (EF)
		50	100	150		
Com inoculante	V0 ¹	323.148 BC	305.555 ^{Δy} B	199.074 ^{Δy} B		297.839
	V2 ¹	295.370 ^{Δy} C	324.074 B	333.333 A	313.065	337.037
	V4 ¹	343.518 AB	335.185 B	358.333 A		347.839
Sem inoculante	V0 ¹	350.000 AB	381.481 A	227.778 ^{Δy} B		297.839
	V2 ¹	369.444 A	337.037 AB	362.963 A	342.078	337.037
	V4 ¹	354.629 AB	344.444 AB	350.925 A		347.839
Médias		339.351	337.963	305.401		
Com inoculante			362.037 ^Δ			

Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

DMS para coluna: 44.732; CV (%): 6,49.

^{Δy} Diferem entre si pelo teste de Dunnett a 0,05 de probabilidade.

DMS Dunnett: 45.442.

Shapiro-Wilk: 0,170; Levene: 0,304; Aditividade: 0,049.

¹ V0 = germinação da semente; V2 = folhas primárias expandidas; V4 = terceiro trifólio expandido.

O menor número de plantas por hectare também pode ser observado em relação a época de aplicação de nitrogênio em cobertura. Na medida em que se antecipou a aplicação do fertilizante nitrogenado, houve tendência de diminuição na população final de plantas. Na dose de 150 kg ha⁻¹ de N aplicada em cobertura houve diminuição do número de plantas por hectare de maneira acentuada quando essa foi aplicada no estágio fenológico V0, independentemente do uso de inoculante (Tabela 10). Este fato se evidencia ainda mais quando comparado aos dois tratamentos adicionais, que não receberam adubações nitrogenadas em cobertura.

Na literatura há diversos trabalhos mostrando o efeito da salinização do solo por fertilizantes nitrogenados em doses elevadas, provocando a mortalidade de sementes/plântulas (KIKUTI et al. 2005; TEIXEIRA et al. 2005). Bernardes et al. (2014), trabalhando com a cultivar Pérola e aplicando doses crescentes de N em cobertura, observaram que até a dose de 150 kg ha⁻¹ de N não ocorreu mortalidade de sementes/plântulas.

Nos tratamentos observa-se que o modelo quadrático representou o comportamento dos dados no estágio fenológico V0, independentemente do uso ou não de inoculante (Figuras 6A e 6B), atingindo pontos máximos do número de plantas por hectare quando se utilizou as doses de 0,06 e 50,54 kg ha⁻¹ de N em cobertura, respectivamente.

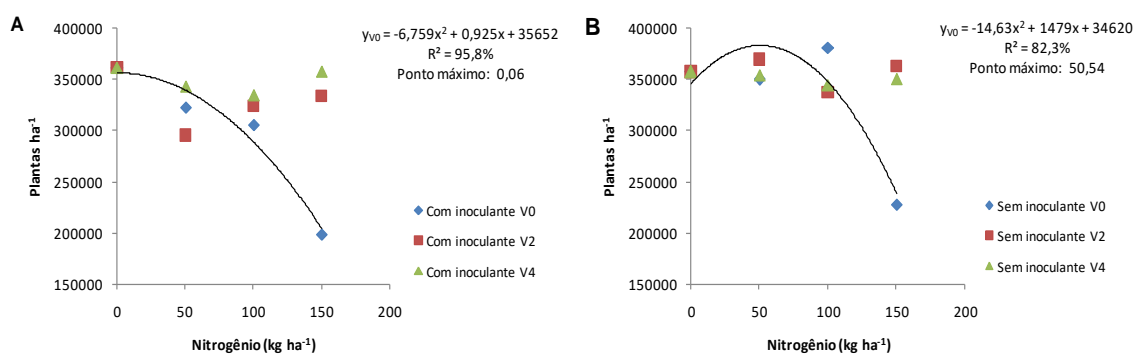


Figura 6. Número de plantas em função da inoculação das sementes e doses de nitrogênio em diferentes estádios fenológicos. (A – com inoculante; B – sem inoculante nas sementes). Santo Antônio de Goiás, GO, 2016.

4.2.2 Massa da matéria seca da parte aérea

O crescimento vegetativo é influenciado pelas condições ambientais e de manejo, e está relacionado diretamente com a produtividade de massa da matéria seca da parte aérea. Nota-se que o inoculante não interferiu no resultado, esse comportamento se evidencia ao verificar que não houve diferença significativa entre o tratamento adicional 1, com inoculante, e o tratamento adicional 2, sem inoculante e N em cobertura (Tabela 11).

Tabela 11. Massa da matéria seca da parte aérea (g planta^{-1}) em função da inoculação das sementes (IS) e doses de nitrogênio (DN) em diferentes estádios fenológicos (EF). Santo Antônio de Goiás, GO, 2016.

IS	EF	DN (kg ha^{-1})			Médias (IS)	Médias (EF)
		50	100	150		
Com inoculante	V0 ¹	5,78	5,15	5,98		5,30 A
	V2 ¹	4,08	5,01	4,51	4,83 A	4,48 B
	V4 ¹	4,27	3,83	4,82		4,40 B
Sem inoculante	V0 ¹	4,54	4,13	6,20 ^Δ		5,30 A
	V2 ¹	4,41	4,39	4,45	4,62 A	4,48 B
	V4 ¹	4,47	4,53	4,47		4,40 B
Médias		4,59	4,59	4,51	5,07	
Com inoculante			4,28 ^Δ			
Sem inoculante			4,51 ^v			

Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

DMS para inoculante: 0,40; DMS para inoculante: 0,59; CV (%): 18,34.

^{Δy} Diferem entre si pelo teste de Dunnett a 0,05 de probabilidade.

DMS Dunnett: 1,82.

Shapiro-Wilk: 0,277; Levene: 0,024; Aditividade: 0,729.

¹ V0 = germinação da semente; V2 = folhas primárias expandidas; V4 = terceiro trifólio expandido.

Os trabalhos conduzidos por Araújo et al. (2007) e Pelegrin et al. (2009) se assemelharam a este, visto que o inoculante não contribuiu significativamente para a obtenção de incrementos na massa da matéria seca da parte aérea das plantas, porém, em ambos os trabalhos as cultivares foram diferentes e o inoculante utilizado continham somente as estirpes SEMIA 4077, SEMIA 4080 no primeiro e SEMIA 4077 no segundo.

As doses de nitrogênio aplicadas em cobertura não influenciaram no resultado, mesmo utilizando a dose de 150 kg ha⁻¹ de N (Tabela 11). Bernardes et al. (2014) encontraram resultados significativos, que se ajustaram à equação quadrática para a produtividade de massa da matéria seca da parte aérea quando trabalharam com as doses de 0, 50, 100 e 150 kg ha⁻¹ de nitrogênio aplicadas em cobertura na cultivar Pérola. No estudo de Binotti et al. (2009) não foram encontradas diferenças para essa característica quando se utilizou fontes distintas de N, parcelamento da aplicação de nitrogênio e doses de N variando de 0 à 200 kg ha⁻¹.

A distribuição do fertilizante nitrogenado em cobertura não ocorreu de maneira uniforme em toda a área, assim como, a semeadora não possuía sistema de distribuição de sementes que as coloquem exatamente na mesma profundidade do sulco de semeadura. Este fato fez com que o contato entre o fertilizante e as sementes/plântulas não ocorresse de forma homogênea, com isso, o feito salino do fertilizante nitrogenado provocou a morte de sementes/plântulas de maneira desuniforme, contribuindo para que os espaçamentos entre as plantas ficassem desiguais.

O fato de ter havido diferença significativa indica que a cultivar BRS FC104 possui efeito compensatório em crescimento de massa da matéria seca da parte aérea na medida em que a competição entre plantas é reduzida, com a diminuição da densidade de plantas por hectare.

4.2.3 Número de vagens por planta

O efeito da interação entre as fontes de variação inoculante, época de aplicação de nitrogênio em cobertura e doses de nitrogênio foi positivo, porém não houve contribuição da inoculação entre os tratamentos que receberam N em cobertura, esse fato se torna mais evidente ao se comparar os tratamentos adicionais, onde a inoculação realizada no tratamento adicional 1 não foi significativa em relação ao tratamento adicional 2, que não recebeu inoculante e N em cobertura (Tabela 12).

Tabela 12. Número de vagens por planta em função da inoculação das sementes (IS) e doses de nitrogênio (DN) em diferentes estádios fenológicos (EF). Santo Antônio de Goiás, GO, 2016.

IS	EF	DN (kg ha ⁻¹)			Médias (IS)	Médias (EF)
		50	100	150		
Com inoculante	V0 ¹	11,8 C	14,9 ^y CD	25,0 ^{Δy} A		17,2
	V2 ¹	18,1 ^{Δy} A	21,3 ^{Δy} A	16,4 ^{Δy} CD	16,8	18,6
	V4 ¹	15,5 ^{Δy} AB	13,6 D	14,8 ^y D		14,6
Sem inoculante	V0 ¹	17,7 ^{Δy} A	15,8 ^{Δy} BCD	21,7 ^{Δy} B		18,4
	V2 ¹	15,5 ^{Δy} AB	16,2 ^{Δy} BC	18,5 ^{Δy} C	16,9	16,7
	V4 ¹	14,7 ^y B	17,9 ^{Δy} B	14,6 ^y D		15,7
Médias		15,5	16,6	18,5		
Com inoculante			13,0 ^A			
Sem inoculante			11,5 ^y			

Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

DMS para coluna: 0,31; CV (%): 3,76.

^{Δy} Diferem entre si pelo teste de Dunnett a 0,05 de probabilidade.

DMS Dunnett: 0,32.

Shapiro-Wilk: 0,650; Levene: 0,204; Aditividade: 0,777.

¹ V0 = germinação da semente; V2 = folhas primárias expandidas; V4 = terceiro trifólio expandido.

Esse resultado corrobora com o estudo de ARAÚJO et al. (2007), que não encontraram diferença significativa entre o tratamento que utilizou as estirpes SEMIA 4077, SEMIA 4080 de *R. tropici* no tratamento de sementes da cultivar Carioca e do tratamento testemunha, sem inoculante.

A aplicação de doses de N em cobertura em diferentes estádios fenológicos teve influência sobre esta variável, com tendência de crescimento do número de vagens por planta na medida em que se aumentou a dose de N e se antecipou a aplicação da mesma. Além disso, a adubação nitrogenada em cobertura contribuiu sobremaneira em relação aos dois tratamentos adicionais que não receberam N em cobertura (Tabela 12).

Os resultados obtidos com a aplicação de N em cobertura se assemelham aos obtidos por Arf et al. (2008), Binotti et al. (2009), Silva (2010), Cunha et al. (2011) e Bernardes et al. (2014) em que a adubação nitrogenada em cobertura se constituiu como um fator relevante na produção de vagens por planta, onde todos esses autores trabalharam com doses crescentes de N.

A partir da dose de 45 kg ha⁻¹ de N em cobertura há um crescimento na produção de vagens por planta quando o N foi aplicado no estágio fenológico V0, porém, no estágio fenológico V2 o crescimento paralisa a partir de 88 kg ha⁻¹ de N em cobertura (Figura 7A).

Nos tratamentos sem inculante (Figura 7B), o crescimento do número de vagens por planta é proporcional ao aumento da dose de N, com exceção ao tratamento em que aplicou-se N no estágio fenológico V4, em que há uma diminuição da produção de vagens a partir da dose de 90 kg ha⁻¹ de N, aproximadamente.

O aumento da produção de vagens por planta é um fator que está relacionado diretamente com a produtividade de grãos, porém, essa característica só se torna verdadeira quando o número de plantas, o número de grãos por vagem e a massa dos grãos permanecerem constantes.

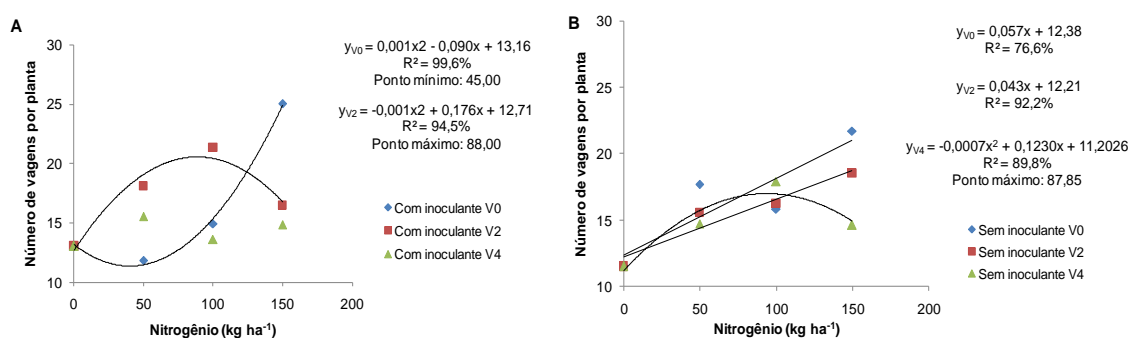


Figura 7. Número de vagens por planta em função da inoculação das sementes e doses de nitrogênio em diferentes estádios fenológicos. (A – com inoculante; B – sem inoculante nas sementes). Santo Antônio de Goiás, GO, 2016.

4.2.4 Número de grãos por vagem

O número de grãos por vagem é uma característica que variou pouco em números absolutos, independentemente do tratamento adotado. Foi observado neste trabalho que somente a época de aplicação de N diferiu para o número de grãos por vagem, sendo a antecipação da aplicação de N em cobertura (estádio fenológico V0) uma prática desfavorável (Tabela 13).

Tabela 13. Número de grãos por vagem em função da inoculação das sementes (IS) e doses de nitrogênio (DN) em diferentes estádios fenológicos (EF). Santo Antônio de Goiás, GO, 2016.

IS	EF	DN (kg ha ⁻¹)			Médias (IS)	Médias (EF)
		50	100	150		
Com inoculante	V0 ¹	4,82	4,97	4,59		4,84 B
	V2 ¹	5,22 ^{Δy}	5,06	5,27 ^{Δy}	4,96 A	5,13 A
	V4 ¹	5,02	4,62	5,04		5,02 A
Sem inoculante	V0 ¹	5,10	4,91	4,66		4,84 B
	V2 ¹	5,19 ^Δ	4,71	5,29 ^{Δy}	5,03 A	5,13 A
	V4 ¹	5,23 ^{Δy}	5,03	5,17 ^Δ		5,02 A
Médias		5,10	4,44	5,00		
Com inoculante			4,75 ^Δ			
Sem inoculante			4,84 ^y			

Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

DMS para inoculante: 0,08; DMS para estádios fenológicos: 0,12; CV (%): 3,50.

^{Δy} Diferem entre si pelo teste de Dunnett a 0,05 de probabilidade.

DMS Dunnett: 0,36.

Shapiro-Wilk: 0,798; Levene: 0,188; Aditividade: 0,708.

¹ V0 = germinação da semente; V2 = folhas primárias expandidas; V4 = terceiro trifólio expandido.

Binotti et al. (2009) afirmaram que o número de grãos por vagem é uma característica atribuída a fatores genéticos, sendo pouco influenciada pelo manejo, concordando com os resultados obtidos por Cunha et al. (2011), quando trabalharam com doses de N variando de 0 até 180 kg ha⁻¹ e de Bernardes et al. (2015) que utilizaram diferentes fontes de fertilizantes nitrogenados em cobertura. Esses resultados discordaram de Villalobos (1980) que obteve respostas lineares e crescentes até a dose

de 120 kg ha⁻¹ de N. Cabe ressaltar que nesses trabalhos as cultivares foram deferentes da que foi utilizada neste estudo.

O número de grãos por vagem não sofreu alterações devido ao manejo da adubação N (variação de aproximadamente 4,5 a 5,5 grãos por vagem), assim, os modelos de regressão não explicaram as variações observadas (Figura 8). Quando se utilizou inoculante, as doses de N no estágio fenológico V2 apresentaram crescimento linear (Figura 8A). Para o tratamento onde se aplicou N no estágio fenológico V0, a dose de 63 kg de N ha⁻¹ foi a que proporcionou o melhor resultado.

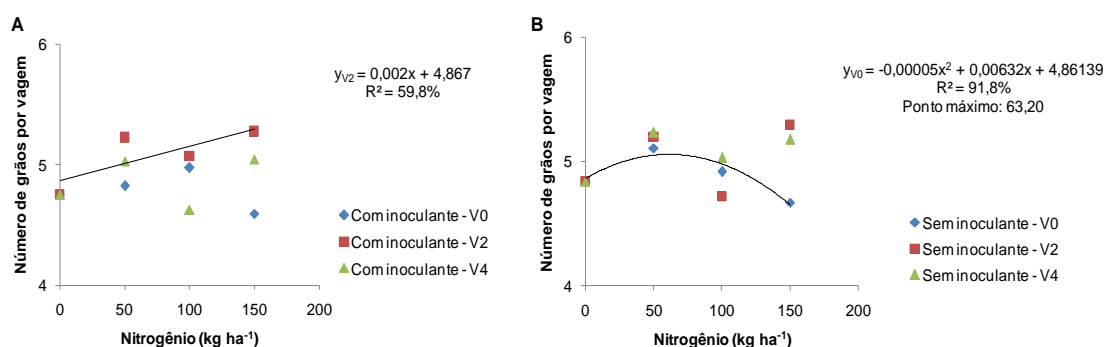


Figura 8. Número de grãos por vagem em função da inoculação das sementes e doses de nitrogênio em diferentes estádios fenológicos. (A – com inoculante; B – sem inoculante nas sementes). Santo Antônio de Goiás, GO, 2016.

4.2.5 Massa de 100 grãos

A interação entre o tratamento de sementes com inoculante, as épocas de aplicação de N e as doses de N não foi significativa para se obter incrementos na massa de grãos, que é um fator fundamental na composição da produtividade, juntamente com o número de vagens por unidade de área e o número de grãos por vagem (Tabela 14).

Tabela 14. Massa de 100 grãos (g) em função da inoculação das sementes (IS) e doses de nitrogênio (DN) em diferentes estádios fenológicos (EF). Santo Antônio de Goiás, GO, 2016.

IS	EF	DN (kg ha ⁻¹)			Médias (IS)	Médias (EF)
		50	100	150		
Com inoculante	V0 ¹	19,5	21,4 ^y	22,0 ^{Δy}		20,9 A
	V2 ¹	20,7 ^y	21,5 ^y	21,5 ^y	21,0 A	21,0 A
	V4 ¹	20,3 ^y	21,1 ^y	20,9 ^y		21,0 A

Sem inoculante	V0 ¹	20,3	21,8 ^{Δy}	20,6 ^y		20,9 A
	V2 ¹	19,6 ^y	21,3 ^y	21,6 ^y	21,0 A	21,0 A
	V4 ¹	20,2 ^y	21,3 ^y	21,9 ^{Δy}		21,0 A
Médias		20,1	21,4	21,4		
Com inoculante			19,6 ^Δ			
Sem inoculante			17,6 ^y			

Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

DMS para inoculante: 0,45; DMS para estádios fenológicos: 0,66; CV (%): 4,61.

^{Δy} Diferem entre si pelo teste de Dunnett a 0,05 de probabilidade.

DMS Dunnett: 2,02.

Shapiro-Wilk: 0,138; Levene: 0,000; Aditividade: 0,642.

¹ V0 = germinação da semente; V2 = folhas primárias expandidas; V4 = terceiro trifólio expandido.

A inoculação quando em associação com a adubação nitrogenada em cobertura não contribuiu para essa característica em relação aos demais tratamentos sem inoculante e que receberam N em cobertura. Provavelmente, a adubação nitrogenada em cobertura inibiu o efeito do inoculante. Esses dados são discordantes dos resultados de Pelegrin et al. (2009), onde a inoculação se equiparou aos tratamentos inoculação mais nitrogênio em cobertura e o tratamento com diferentes doses de N em cobertura aplicadas de maneira parcelada.

Resultados semelhantes foram apresentados por Barros et al. (2013) em que os tratamentos contendo somente inoculante nas sementes, inoculante mais 20 kg ha⁻¹ de N na semeadura, e somente 20 kg ha⁻¹ de N na semeadura, não apresentaram diferença significativa quando receberam 40 kg ha⁻¹ de N em cobertura, utilizando a cultivar Ouro Negro em duas épocas de cultivo.

Vale ressaltar a importância da inoculação das sementes com *R. tropici* no tratamento adicional 1, somente inoculado, visto que não se observou diferença entre esse e a maioria dos tratamentos que receberam doses de N (Tabela 14). O mesmo fato ocorreu no trabalho de Bellaver e Fagundes (2009), em que a inoculação não diferiu dos tratamentos que receberam N na semeadura, N na semeadura e em cobertura, e N somente em cobertura.

Os tratamentos contendo somente nitrogênio em distintas épocas de aplicação também apresentaram resultados relevantes para massa de 100 grãos em comparação

com o tratamento adicional 2, sem inoculante nas sementes e sem nitrogênio. O resultado do tratamento adicional 2 somente não foi inferior ao tratamento que recebeu 50 kg ha⁻¹ no estágio fenológico V0 (Tabela 14). Teixeira et al. (2005) também encontraram resultados significativos crescentes e lineares para as doses de N 0, 50, 100 e 150 kg ha⁻¹ aplicadas em cobertura. Ao contrário disso, Meira et al. (2005) não observaram aumentos na massa de 100 grãos até a dose de 240 kg ha⁻¹ trabalhando com a cultivar Pérola.

As Figuras 9A e 9B mostram crescimentos lineares na massa de 100 grãos nos tratamentos com doses de N nos estádios fenológicos V0 e V2 com inoculante e V2 e V4 sem inoculante, respectivamente. O tratamento sem inoculante, em que as doses de N foram aplicadas no estágio fenológico V0 (Figura 9B), resultou em aumento na massa de 100 grãos até a dose 98,5 kg ha⁻¹, posteriormente declinando.

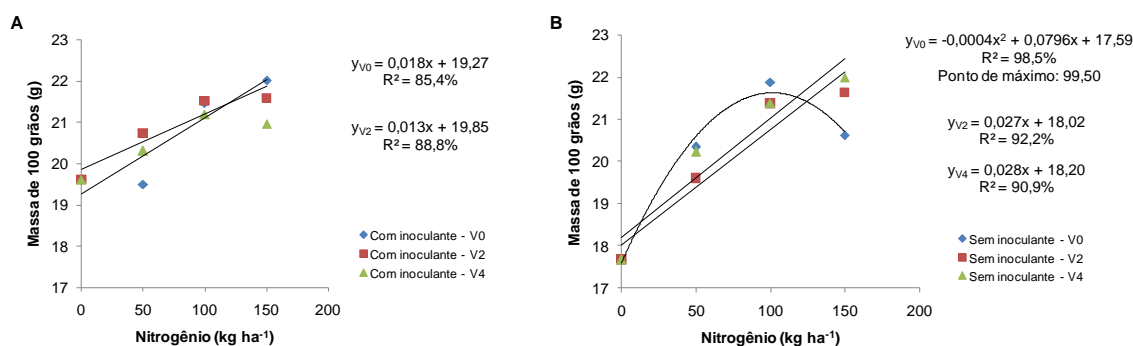


Figura 9. Massa de 100 grãos (g) em função da inoculação das sementes e doses de nitrogênio em diferentes estádios fenológicos. (A – com inoculante; B – sem inoculante nas sementes). Santo Antônio de Goiás, GO, 2016.

4.2.6 Produtividade de grãos

A produtividade de grãos não foi influenciada pela interação entre os tratamentos. A inoculação das sementes não proporcionou incrementos em produtividade, ao contrário do trabalho de Valadão et al. (2009) em que o tratamento onde as sementes da cultivar Carioca foram tratadas com a estirpe SEMIA 4077 de *R. tropici* se equiparou ao tratamento que recebeu 50 kg ha⁻¹ de N em cobertura.

A época de aplicação do N em cobertura assumiu papel fundamental, mostrando que a aplicação de N no estágio fenológico V0 apresentou resultado deletério em produtividade em relação aos estádios fenológicos V2 e V4 (Tabela 15).

Tabela 15. Produtividade de grãos de feijão-comum em função da inoculação das sementes (IS) e doses de nitrogênio (DN) em diferentes estádios fenológicos (EF). Santo Antônio de Goiás, GO, 2016.

IS	EF	DN (kg ha ⁻¹)			Médias (IS)	Médias (EF)
		50	100	150		
Com inoculante	V0 ¹	3.178	3.392	2.664	3.587 A	3.295 B
	V2 ¹	3.785 ^{Δy}	3.828 ^{Δy}	4.242 ^{Δy}		3.830 A
	V4 ¹	3.564 ^{Δy}	3.785 ^{Δy}	3.844 ^{Δy}		3.670 A
Sem inoculante	V0 ¹	3.570 ^{Δy}	3.801 ^{Δy}	3.168	3.610 A	3.295 B
	V2 ¹	3.579 ^{Δy}	3.968 ^{Δy}	3.580 ^{Δy}		3.830 A
	V4 ¹	3.467 ^Δ	3.829 ^{Δy}	3.530 ^Δ		3.670 A
Médias		3.524	3.767	3.505		
Com inoculante			2.941 ^Δ			
Sem inoculante			3.042 ^y			

Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

DMS para inoculante: 115,05; DMS para estádios fenológicos: 169,31; CV (%): 6,89.

^{Δy} Diferem entre si pelo teste de Dunnett a 0,05 de probabilidade.

DMS Dunnett: 515,77.

Shapiro-Wilk: 0,156; Levene: 0,044; Aditividade: 0,865.

¹ V0 = germinação da semente; V2 = folhas primárias expandidas; V4 = terceiro trifólio expandido.

O resultado negativo em produtividade dos tratamentos que receberam N em cobertura no estágio fenológico V0 (Tabela 15) relacionou-se com o menor número de plantas por hectare (Tabela 10), resultado atribuído ao efeito salino do fertilizante nitrogenado (KIKUTI et al. 2005; TEIXEIRA et al. 2005). Nota-se também a contribuição da adubação nitrogenada em cobertura em contraposição aos dois tratamentos adicionais que não receberam N, visto que a produtividade de grãos foi significativamente menor sem o N em cobertura. Binotti et al. (2009), Cunha et al. (2011), Bernardes et al. (2014), trabalhando com doses crescentes de nitrogênio até os limites de 200, 180 e 150 kg ha⁻¹, respectivamente, obtiveram ganhos crescentes em produtividade de grãos de feijão-comum, reafirmando a necessidade deste nutriente para a cultura do feijoeiro.

No tratamento com inoculação, onde o N foi aplicado no estágio fenológico V0, a máxima produtividade de grãos foi alcançada aos 68,9 kg ha⁻¹, porém o seu resultado

foi inferior aos demais, independentemente da dose de N utilizada (Figura 10A). Aplicações de doses crescentes de nitrogênio em cobertura nos estádios V2 e V4 apresentaram crescimento linear em produtividade de grãos, porém, deve-se ressaltar que doses elevadas de N podem provocar a salinização do solo e a morte de sementes e plântulas.

Nos tratamentos que não receberam inoculante (Figura 10B) a produtividade máxima foi atingida quando utilizou-se as doses de 80,3; 97,1 e 100,8 kg ha⁻¹ de N nos estádios fenológicos V0, V2 e V4, respectivamente. Essa afirmativa mostra que quanto mais tardia for a aplicação do fertilizante nitrogenado em cobertura, maior será a dose de N querida para se atingir a máxima produtividade de grãos (Figura 10B).

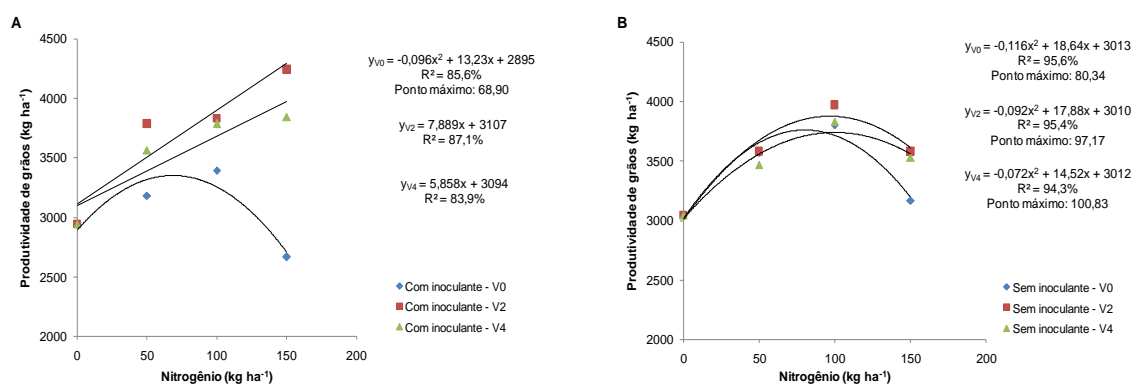


Figura 10. Produtividade de grãos em função da inoculação das sementes e doses de nitrogênio em diferentes estádios fenológicos. (A – com inoculante; B – sem inoculante nas sementes). Santo Antônio de Goiás, GO, 2016.

4.2.7 Percentual de resíduo de grãos e de grãos retidos nas peneiras 10, 11 e 12

A interação entre a inoculação das sementes com *R. tropici*, épocas de aplicação de N em cobertura e doses de N foi significativa somente para a peneira >11. A inoculação das sementes e as épocas de aplicação de doses de N em cobertura não interferiram no resultado de espessura de grãos.

O tratamento adicional 1, somente inoculante, mostrou desempenho semelhante a maioria dos tratamentos que receberam N e menos eficiente somente em alguns tratamentos que receberam doses de N acima de 100 kg ha⁻¹, para peneira >12, se consolidando como uma alternativa viável de utilização quando se pretende obter grãos com maiores espessuras (Tabela 16).

Tabela 16. Percentual de resíduo de grãos (peneira <10) e de grãos retidos na peneira 10 (3,96 mm), peneira 11 (4,36 mm) e peneira 12 (4,76 mm); em função da inoculação das sementes (IS) e doses de nitrogênio (DN) em diferentes estádios fenológicos (EF). Santo Antônio de Goiás, GO, 2016.

IS	ES	DN (kg ha ⁻¹)			Médias (IS)	Médias (EF)
		50	100	150		
Resíduo de grãos						
Com inoculante	V0 ¹	6,50	4,94 ^y	7,81		6,86 A
	V2 ¹	6,23	5,86 ^y	4,05 ^y	6,41 A	5,08 A
	V4 ¹	8,81	7,69	5,79 ^y		6,04 A
Sem inoculante	V0 ¹	6,43	6,16 ^y	9,34		6,86 A
	V2 ¹	5,18 ^y	3,24 ^y	5,92	5,58 A	5,08 A
	V4 ¹	4,59 ^y	4,68 ^y	4,69 ^y		6,04 A
Médias		6,29	5,43	6,27		
Com inoculante			6,50 ^Δ			
Sem inoculante			16,96 ^y			
Transformação		Arco Seno (√x/100)				
Peneira 10						
Com inoculante	V0 ¹	93,50	95,05 ^y	92,18		93,13 A
	V2 ¹	93,76	94,13 ^y	95,95 ^y	93,58 A	94,91 A
	V4 ¹	91,18	92,30	94,21 ^y		93,95 A
Sem inoculante	V0 ¹	93,57	93,84 ^y	90,65		93,13 A
	V2 ¹	94,82 ^y	96,75 ^y	94,07	94,41 A	94,91 A
	V4 ¹	95,41 ^y	95,32 ^y	95,30		93,95 A
Médias		93,70	94,56	93,72		
Com inoculante			93,51 ^Δ			
Sem inoculante			83,04 ^y			
Transformação		Arco Seno (√x/100)				
Peneira 11						
Com inoculante	V0 ¹	77,87 ^y A	82,34 ^y A	80,45 ^y A	80,58	79,19
	V2 ¹	78,90 ^y A	84,50 ^y A	85,25 ^y A		82,90

	V4 ¹	76,26 ^y A	78,78 ^y A	80,91 ^y A		81,50
	V0 ¹	76,00 ^y A	83,31 ^y A	75,19 ^y A		79,19
Sem inoculante	V2 ¹	80,58 ^y A	86,02 ^y A	82,16 ^y A	81,81	82,90
	V4 ¹	82,97 ^y A	84,34 ^y A	85,74 ^y A		81,50
Médias		78,76	83,21	81,61		
Com inoculante			75,44 ^Δ			
Sem inoculante			60,34 ^y			
Peneira 12						
	V0 ¹	52,71 ^y	57,43 ^y	62,67 ^{Δy}		54,88 A
Com inoculante	V2 ¹	52,50 ^y	66,44 ^{Δy}	62,32 ^{Δy}	58,06 A	57,60 A
	V4 ¹	52,71 ^y	59,52 ^y	56,26 ^y		58,28 A
	V0 ¹	48,69 ^y	59,17 ^y	48,60 ^y		54,88 A
Sem inoculante	V2 ¹	49,14 ^y	56,75 ^y	58,44 ^y	55,77 A	57,60 A
	V4 ¹	53,10 ^y	63,60 ^{Δy}	64,48 ^{Δy}		58,28 A
Médias		51,47	60,48	58,80		
Com inoculante			48,35 ^Δ			
Sem inoculante			32,93 ^y			
Transformação			Arco Seno ($\sqrt{x/100}$)			

Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

^{Δy} Diferem entre si pelo teste de Dunnett a 0,05 de probabilidade.

DMS (Resíduo de grãos) para inoculante: 2,12; DMS (Resíduo de grãos) para estádios fenológicos: 3,13; CV (%): 32,58.

DMS (Peneira 10) para inoculante: 2,12; DMS (Resíduo de grãos) para estádios fenológicos: 3,13; CV (%): 5,92.

DMS (Peneira 11) para coluna: 13,63; CV (%): 8,19.

DMS (Peneira 12) para inoculante: 1,78; DMS (Peneira 12) para estádios fenológicos: 2,63; CV (%): 7,78.

DMS Dunnett: Resíduo de grãos; peneiras 10; 11; 12 = 9,53; 9,53; 13,85; e 8,01; respectivamente.

Shapiro-Wilk: Resíduo de grãos; Peneira 10; Peneira 11; Peneira 12 = 0,412; 0,412; 0,428 e 0,642; respectivamente.

Levene: Resíduo de grãos; Peneira 10; Peneira 11; Peneira 12 = 0,012; 0,012; 0,082 e 0,083; respectivamente.

Aditividade: Resíduo; Peneira 10; Peneira 11; Peneira 12 = 0,003; 0,003; 0,000 e 0,593; respectivamente.

¹ V0 = germinação da semente; V2 = folhas primárias expandidas; V4 = terceiro trifólio expandido.

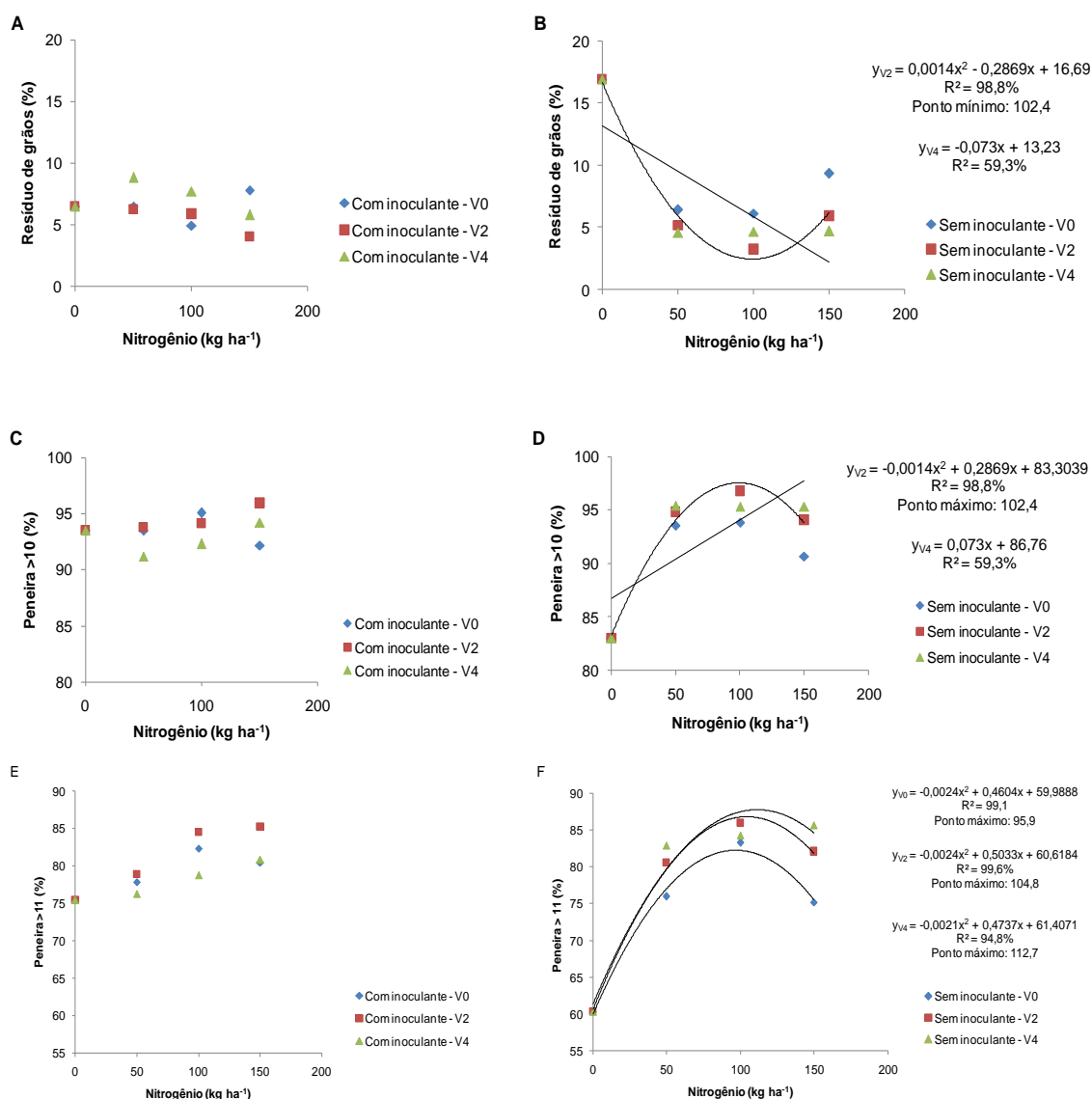
O tratamento adicional 2, sem inoculante e sem nitrogênio em cobertura (Tabela 16), mostrou-se desvantajoso em comparação com a maioria dos demais tratamentos, em todos os níveis de espessura de grãos avaliados, principalmente nos de maior interesse comercial, que são os grãos com espessura superior à peneira 11 (CARBONELL et al. 2010). No trabalho de Carvalho et al. (2001), os autores utilizaram duas fontes de N, a uréia e o sulfato de amônio, e parcelaram a aplicação da dose de 75 kg ha⁻¹ de N entre adubação de semeadura e adubação de cobertura em seis proporções distintas, o percentual de resíduo da testemunha, tratamento que não recebeu N, foi significativamente superior aos demais, do mesmo modo, o percentual de grãos comerciais foi inferior aos tratamentos com N.

Para os tratamentos com inoculante nas sementes, só foi possível traçar um modelo estatístico que representasse a distribuição dos dados para peneira >12, cujos percentuais de espessura dos grãos foram lineares crescentes com o aumento da dose de N nos estádios fenológicos V0 e V2 (Figura 11G).

A adubação nitrogenada, nos tratamentos que não receberam inoculante nas sementes, em linhas gerais, mostrou-se efetiva para redução do percentual de resíduos e para o aumento na espessura dos grãos em todas as peneiras (Figuras 11B, 11D, 11F e 11H). O percentual de resíduo atingiu ponto mínimo na dose de 102,4 kg ha⁻¹ de N,

quando aplicado no estágio fenológico V2 e, diminuiu linearmente no estágio fenológico V4 (Figura 11B).

Nos tratamentos que não receberam inoculante na semente, para peneira >10, a dose de 102,4 kg ha⁻¹ de N foi a mais eficiente quando adubada no estágio fenológico V2, e o percentual de peneira cresceu linearmente com o aumento da dose de N no estágio V4. Já para peneira >11, as doses de 95,9; 99,6 e 94,8 kg ha⁻¹ de N foram as mais efetivas quando adubadas nos estádios fenológicos V0, V2 e V4, respectivamente. O percentual de peneira >12 cresceu linearmente com o aumento da dose de N, quando adubado do estágio fenológico V2, e obteve a maior eficiência quando utilizou-se a dose de 131,47 kg ha⁻¹ de N no estágio fenológico V4 (Figuras 11D, 11F e 11H).



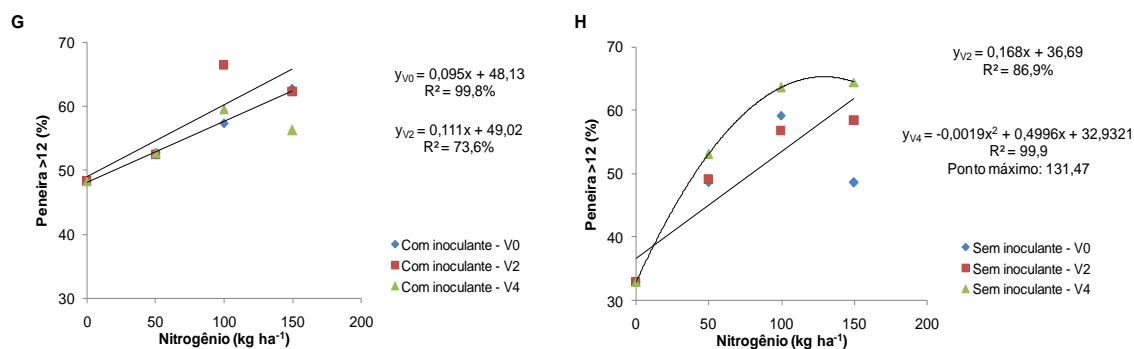


Figura 11. Percentual de resíduo de grãos (A – com inoculante; B – sem inoculante nas sementes); peneira >10 (C – com inoculante; D – sem inoculante nas sementes); peneira >11 (E – com inoculante; F – sem inoculante nas sementes); peneira >12 (G – com inoculante; H – sem inoculante nas sementes) em função da inoculação das sementes e doses de nitrogênio em diferentes estádios fenológicos. Santo Antônio de Goiás, GO, 2016.

4.2.8 Teor de proteína dos grãos

Os teores de proteínas dos grãos tendem a serem maiores, nos tratamentos que receberam inoculante nas sementes, quando a adução de N é realizada até o estágio fenológico V2, para as doses de 50 e 100 kg ha⁻¹. Nas mesmas condições, os mesmos tratamentos, agora sem inoculante nas sementes, os teores de proteína dos grãos não divergiram.

Quando a dose de N foi de 150 kg ha⁻¹ não houve diferença quanto à inoculação das sementes e épocas de aplicação de N em cobertura. Isso mostra haver relação direta entre fornecimento de N e o teor de proteína nos grãos. Este fato se evidencia ainda mais quando comparado com os dois tratamentos adicionais que não receberam N (Tabela 17).

Tabela 17. Teor de proteína dos grãos em função da inoculação das sementes (IS) e doses de nitrogênio (DN) em diferentes estádios fenológicos (EF). Santo Antônio de Goiás, GO, 2016.

IS	EF	DN (kg ha ⁻¹)			Médias (IS)	Médias (EF)
		50	100	150		
Com inoculante	V0 ¹	24,29 ^{Δy} A	23,70 ^{Δy} AB	26,18 ^{Δy} A	23,43	23,33
	V2 ¹	23,20 ^y AB	24,81 ^{Δy} A	24,64 ^{Δy} A		23,17
	V4 ¹	17,89 C	21,50 B	24,67 ^{Δy} A		21,96
Sem	V0 ¹	18,78 C	23,09 ^y AB	23,96 ^{Δy} A	22,22	23,33

inoculante	V2 ¹	20,14 BC	21,29 B	24,96 ^{Δy} A	23,17
	V4 ¹	20,84 BC	21,00 B	25,89 ^{Δy} A	21,96
Médias		20,86	22,56	25,05	
Com inoculante			20,06 ^Δ		
Sem inoculante			19,04 ^y		

Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

DMS para coluna: 3,28; CV (%): 7,00.

^{Δy} Diferem entre si pelo teste de Dunnett a 0,05 de probabilidade.

DMS Dunnett: 3,33.

Shapiro-Wilk: 0,001; Levene: 0,000; Aditividade: 0,429.

¹ V0 = germinação da semente; V2 = folhas primárias expandidas; V4 = terceiro trifólio expandido.

Na medida em que as doses de N foram elevadas os teores de proteína dos grãos também se elevaram. Gomes Junior e Sá (2010) trabalhando com as cultivares IPR Juriti e Pérola observaram resultados significativos para aplicações de doses de N em cobertura em duas épocas de aplicação, atingindo teores de proteína próximos de 24 e 22% nos grãos das duas cultivares, respectivamente.

As Figuras 12A e 12B mostram haver relação direta entre o aumento das doses de N com a elevação do teor de proteína dos grãos, isso para os tratamentos que receberam inoculante nas sementes, assim como, para os tratamentos sem inoculante nas sementes.

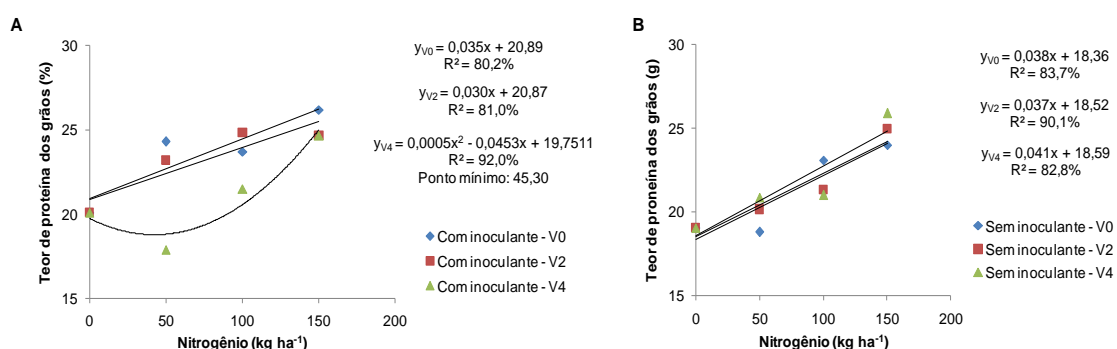


Figura 12. Teor de proteína dos grãos em função da inoculação das sementes e doses de nitrogênio em diferentes estádios fenológicos. (A – com inoculante; B – sem inoculante nas sementes). Santo Antônio de Goiás, GO, 2016.

4.3 CONCLUSÕES

A interação entre a inoculação das sementes com *Rhizobium tropici*, época de aplicação de nitrogênio em cobertura e doses de nitrogênio foi significativa sobre as variáveis número de plantas por hectare, massa seca da parte aérea, número de vagens por planta, número de grãos por vagem, massa de 100 grãos, peneira >11 e teor de proteína dos grãos.

A inoculação das sementes da cultivar superprecoce de feijão-comum BRS FC104 com as estirpes SEMIA 4077, SEMIA 4080 e SEMIA 4088 de *Rhizobium tropici* não resultou efeito positivo significativo para as variáveis analisadas.

A aplicação de nitrogênio de maneira antecipada, na germinação das sementes, não se constituiu como uma prática recomendada para a cultivar de feijão comum BRS FC104.

A aplicação de nitrogênio em cobertura é uma prática fundamental para se obter ganhos em produtividade de grãos para a cultivar de feijão-comum superprecoce BRS FC104 na 3ª época.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, F. F. de et al. Fixação biológica de N² no feijoeiro submetido a dosagens de inoculante e tratamento químico na semente comparado a adubação nitrogenada. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 29, n. 4, p. 535-540, 2007.
- ARF, O. et al. Mecanismos de abertura do sulco e adubação nitrogenada no cultivo do feijoeiro em sistema plantio direto. **Bragantia**, v. 67, n. 2, p. 499-506, 2008.
- BARBOSA, F. R. et al. **Sistema de produção integrada do feijoeiro comum na região central brasileira**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2009. 28 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Circular técnica, 86).
- BARROS, R. L. N. et al. Interação entre inoculação com rizóbio e adubação nitrogenada de plantio na produtividade do feijoeiro nas épocas da seca e das águas. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 4, p. 1443-1449, jul./ago. 2013.
- BELLAVER, A.; FAGUNDES, R. S. Inoculação com *Rhizobium tropici* e uso do nitrogênio na base e por cobertura na cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Cultivando o Saber**, v. 2, n. 4, p. 1-10, 2009.
- BERNARDES, T. G. et al. Produtividade do feijoeiro irrigado em razão de fontes de adubo nitrogenado estabilizado e de liberação controlada. **Revista Ceres**, v. 62, n. 6, p. 507-513, 2015.
- BERNARDES, T. G. et al. Resposta do feijoeiro de outono-inverno a fontes e doses de nitrogênio em cobertura. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 2, p. 458-468, 2014.
- BINOTTI, F. F. S. et al. Fontes, doses e modo de aplicação de N em feijoeiro no sistema plantio direto. **Bragantia**, v. 68, n. 2, p. 473-481, 2009.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa Nº 13, de 24 de março de 2011. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 25 mar. 2011. Seção 1.
- CARBONELL, S. A. M. et al. Tamanho de grão comercial em cultivares de feijoeiro. **Ciência Rural**, v. 40, n. 10, p. 2067-2073, 2010.
- CARVALHO, M. A. C. et al. Produtividade e qualidade de sementes de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) sob influência de parcelamentos e fontes de nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, n. 3, p. 617-624, 2001.
- CUNHA, P. C. R. et al. Fontes, formas de aplicação e doses de nitrogênio em feijoeiro irrigado sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, n. 1, p. 80-86, 2011.
- DIDONET, A. D.; CARVALHO, M. A. de F. Fisiologia. In: GONZAGA, A. C. de O. **Feijão: O produtor pergunta, a Embrapa responde**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2014. p. 31 - 40.

EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO. **Dados conjunturais da produção de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) e caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) no Brasil (1985 a 2015): área, produção e rendimento.** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2016. Disponível em:

<<http://www.cnpaf.embrapa.br/socioeconomia/index.htm>>. Acesso em: 31 out. 2017.

FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C. Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants. **Advances in Agronomy**, v. 88, p. 97-185, 2005.

GOMES JUNIOR, F. G.; de SÁ, M. E. Proteína e qualidade de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) em função da adubação nitrogenada em plantio direto. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 1, p. 34-44, 2010.

HUNGRIA, M.; VARGAS, M. A. T.; ARAUJO, R. S. Fixação biológica do nitrogênio em feijoeiro. In: VARGAS, M. A. T.; HUNGRIA M. (Ed.). **Biologia dos solos do cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 1997. p. 189-294.

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

MEIRA, F. de A. et al. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio no feijoeiro irrigado cultivado em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 4, p. 383-388, 2005.

PELEGRIN, R. de et al. Resposta da cultura do feijoeiro à adubação nitrogenada e à inoculação com rizóbio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, n. 1, p. 219-226, 2009.

QUINTELA, E. D. et al. **Manejo fitossanitário do feijoeiro**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. 16 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Circular técnica, 73).

SANTOS, H. G. dos et al. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353 p.

SILVA, M. P. **Espaçamentos entrelinhas e doses de nitrogênio em dois cultivares de feijoeiro irrigado no sistema plantio direto**. 2010. 64 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Sistemas de Produção) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira.

SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. Calagem e adubação para culturas anuais e semiperenes. In: SOUSA, D. M. G. DE; LOBATO, E. 2. ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. Brasília, DF: Embrapa, 2004. p. 283 - 315.

TEIXEIRA, C. M. et al. Palhadas e doses de nitrogênio no plantio direto do feijoeiro. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 27, n. 3, p. 499-505, 2005.

VALADÃO, F. C. A. et al. Inoculação das sementes e adubações nitrogenada e molíbdica do feijoeiro-comum, em Rolim de Moura, RO. **Acta Amazônica**, v. 39, n. 4, p. 741-747, 2009.

VILLALOBOS, R. A. **Estudos sobre adubação nitrogenada da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), na Zona da Mata de Minas Gerais**. 1980. 68 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

**CAPÍTULO 3: ADUBAÇÃO NITROGENADA EM COBERTURA NA
CULTIVAR SUPERPRECOCE DE FEIJÃO-COMUM BRS FC104 NO
CULTIVO DE 1ª SAFRA COM INOCULAÇÃO DE SEMENTES COM
*Rhizobium tropici***

RESUMO

Com o lançamento da cultivar superprecoce de feijão-comum BRS FC104, estudos para o fornecimento de nitrogênio à cultura fizeram-se necessários. Assim, o objetivo deste trabalho foi quantificar a responsividade da cultivar superprecoce BRS FC104 frente à inoculação das sementes com as estirpes SEMIA 4077, SEMIA 4080 e SEMIA 4088 de *Rhizobium tropici* e determinar a dose e a época de aplicação de nitrogênio em cobertura para expressão máxima do potencial produtivo e dos demais componentes de produtividade, no cultivo de 1ª safra. Foi implantado um experimento em Santo Antônio de Goiás–GO em 2016, no delineamento experimental de blocos casualizados, com quatro repetições por tratamento, no esquema fatorial de 2X3X3+2. O primeiro fator foi inoculação das sementes com bactérias de *Rhizobium tropici*; o segundo época de aplicação de nitrogênio em cobertura e o terceiro adubação nitrogenada em cobertura nas doses de 50, 100 e 150 kg ha⁻¹ e dois tratamentos adicionais, adicional 1: inoculação das sementes; adicional 2: sem inoculante nas sementes e sem nitrogênio em cobertura. A interação entre as fontes de variação inoculação, época e doses de aplicação de nitrogênio, não alterou o potencial produtivo e os componentes de produtividade, assim como não houve diferença entre as de fontes de variação e os tratamentos adicionais. A aplicação de nitrogênio na germinação das sementes reduziu a população final de plantas.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris* L., adubação nitrogenada, fixação biológica de nitrogênio.

ABSTRACT

With the launching of BRS FC104 super early common bean cultivar, studies for nitrogen supply were necessary. Thus, the objective of this work was to quantify the responsiveness of BRS FC104 supercritical cultivar to seed inoculation with SEMIA 4077, SEMIA 4080 and SEMIA 4088 strains of *Rhizobium tropici* and to determine the dose and time of nitrogen application in the coverage for maximum expression of productive potential and other components of productivity in the 1st crop. An experiment was performed in Santo Antônio de Goiás-GO in 2016, in the experimental design of randomized blocks, with four replications per treatment, in the factorial scheme of 2X3X3+2. The first factor was seeds inoculation with *Rhizobium tropici* bacteria; the second season of nitrogen application in coverage and the third nitrogen fertilization in coverage at doses of 50, 100 and 150 kg ha⁻¹ and two additional treatments, additional 1: seeds inoculation; additional 2: without inoculant in the seeds and without nitrogen in coverage. The interaction between the sources of variation inoculation, season and doses of nitrogen application did not alter the productive potential and the production components, nor there any difference between the sources of variation and the additional treatments. The application of nitrogen in seeds germination caused the death of seeds and seedlings.

Key words: *Phaseolus vulgaris* L., biological nitrogen fixation; nitrogen fertilization, super early bean.

5 INTRODUÇÃO

O cultivo de feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) na 1ª safra ou safra “das águas” é o mais significativo em termo de produção de grãos no Brasil. Em 2016, este foi responsável por uma produção de 998.564 toneladas de grãos, o equivalente a 44,45% da produção nacional, ocupando área de aproximadamente 682.624 mil hectares e alcançando produtividade média de 1.463 kg ha⁻¹ (EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO, 2016).

A semeadura geralmente é realizada entre agosto e outubro, podendo se estender até novembro e a colheita ocorre de novembro a março, com maior intensidade em dezembro. Em seu cultivo predominam os mais diversos modelos de produção, que vão desde os grandes produtores, em áreas extensas e com o emprego de alto nível tecnológico e de investimentos, até os pequenos produtores, que são em grande parte de base familiar e que ainda utilizam técnicas de cultivo rudimentares (BARBOSA; GONZAGA, 2012).

Um dos grandes problemas para o baixo rendimento de grãos desse sistema de cultivo é, além das adversidades ambientais e a ocorrência de pragas e doenças, a baixa utilização de tecnologias, onde se destaca o manejo da adubação. O nitrogênio (N) é, dentre os nutrientes essenciais, o mais exigido pela cultura do feijoeiro, visto que é um dos responsáveis diretos pelo desenvolvimento das plantas e determinação do potencial produtivo (FAGERIA; BALIGAR, 2005).

A fixação biológica de nitrogênio (FBN), por meio da inoculação das sementes com as estirpes de bactérias de *Rhizobium tropici*, surge como uma alternativa para o fornecimento de N às plantas. Porém, a eficiência e a estabilidade no suprimento deste nutriente dependem fundamentalmente da interação entre a planta de feijão-comum, das bactérias fixadoras de N e do ambiente de cultivo (HUNGRIA et al. 1997).

O fornecimento de N por meio de fertilizantes químicos é uma prática bastante difundida na agricultura, porém é alvo de grandes questionamentos nos âmbitos dos custos de produção e do meio ambiente, por serem potenciais poluidores. As perdas desses fertilizantes podem ocorrer das mais variadas formas, destacando-se a lixiviação e a volatilização.

Otimizar o aproveitamento do fertilizante nitrogenado por meio da época de maior demanda pela cultura se constitui como uma importante ferramenta de manejo,

principalmente em associação com o estudo da dose ideal do fertilizante. A utilização correta dos fertilizantes nitrogenados potencializa seu aproveitamento, revertendo o investimento em produtividade e redução dos custos de produção (FAGERIA et al. 2015).

O objetivo deste trabalho foi quantificar a responsividade da cultivar superprecoce BRS FC104 à inoculação das sementes com *Rhizobium tropici* e da aplicação de doses de nitrogênio em diferentes estádios fenológicos no cultivo de 1ª safra.

5.1 MATERIAL E MÉTODOS

5.1.1 Localização

O experimento foi conduzido no município de Santo Antônio de Goiás, estado de Goiás, na Fazenda Capivara, de propriedade da Embrapa. As coordenadas geográficas deste local são: Latitude 16°29'59,7" S e Longitude de 49°17'34,0" W. A altitude média é de 830 metros (m).

As temperaturas mínima (T min) e máxima (T max) permaneceram próximas de 20 e 30°C aproximadamente, a precipitação (Prec) ocorreu de maneira regular e a radiação solar (RadSol) apresentou pouca variação durante o ciclo da cultura (Figura 13).

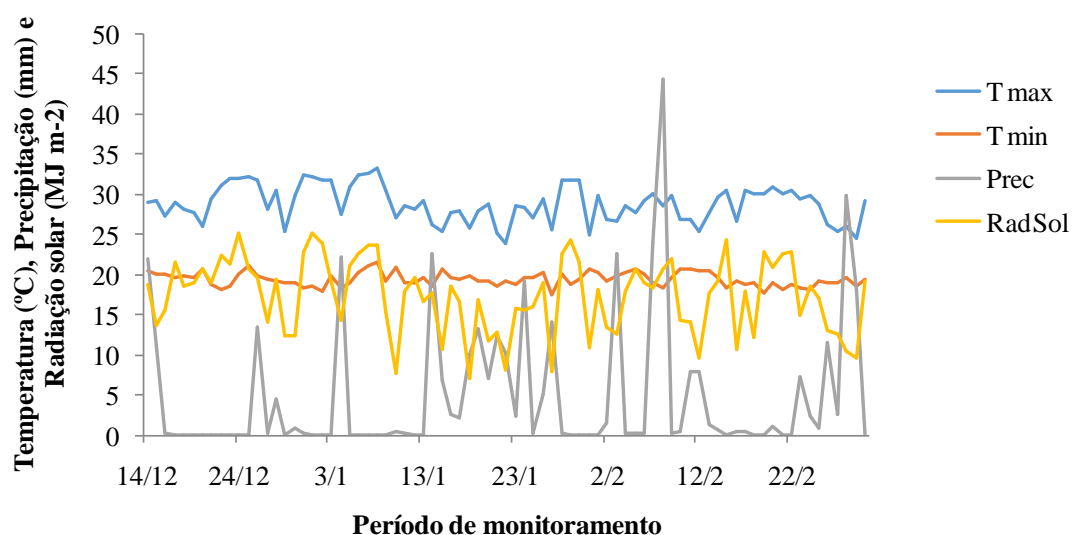


Figura 13. Dados meteorológicos durante a condução do experimento. Santo Antônio de Goiás-GO, 2016/2017.

A semeadura ocorreu no dia 14 de dezembro de 2016 e a colheita no dia 02 de março de 2017 e a cultivar utilizada foi a BRS FC104. Durante este período a precipitação pluviométrica acumulada durante o ciclo da cultura foi da ordem de 390 mm (Tabela 18).

Tabela 18. Precipitação pluviométrica durante a condução do experimento, Santo Antônio de Goiás, GO, 2016/2017.

Precipitação de pluviométrica

Intervalo	mm
14/Dez - 23/Dez	33,4
24/Dez - 02/Jan	19,0
03/Jan - 12/Jan	22,8
13/Jan - 22/Jan	87,0
23/Jan - 01/Fev	41,2
02/Fev - 11/Fev	101,4
12/Fev - 21/Fev	11,6
22/Fev - 03/Mar	76,0
Total	392,4

5.1.2 Solo

O solo foi classificado como Latossolo Vermelho distrófico (SANTOS et al, 2013). Os valores obtidos na análise física foram de 385 g kg⁻¹ para argila, 248 g kg⁻¹ para silte e 367 g kg⁻¹ para areia. A análise granulométrica foi realizada pelo método de dispersão física e química, seguida de determinação dos teores de argila, silte e areia, por gravimetria, volumetria e diferença, respectivamente. A composição química mostrou que o pH se encontrava no limite inferior à faixa ideal para a cultura, o fósforo (P) apresentou valor adequado. Já o potássio (K) apresentou teor elevado (Tabela 19) (EMBRAPA, 2011).

Tabela 19. Caracterização química do solo da área experimental. Santo Antônio de Goiás-GO, 2016.

pH	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H + Al ³⁺	P	K	Cu	Zn	Fe	Mn	MO
mmol dm ⁻³mg dm ⁻³					g dm ⁻³	
5,5	22,0	12,0	1,0	31,0	9,6	69,0	1,2	2,8	39,0	12,0	37,2

Prof. = profundidade; pH em água – medida potencial hidrogênio iônico da mistura de solo e água (1:1); Ca, Mg – extraídos em solução de KCl 1 mol l⁻¹ e determinados por espectroscopia de absorção atômica; Al – extraído em solução de KCl 1 mol l⁻¹ e determinado por titulometria; H+Al – extraídos em acetato de cálcio 0,5 mol l⁻¹ e determinado por titulometria; P, K, Cu, Zn, Fe, Mn - extraídos em solução Melich 1 e determinados por espectroscopia de absorção atômica; MO – oxidação por solução sulfocrômica seguida de determinação por espectrofotometria (EMBRAPA, 2011).

5.1.3 Descrição da área experimental

A área de implantação do experimento foi cultivada com soja no verão 2014/2015, seguido de pousio, posteriormente cultivou-se arroz, na safra de verão de 2015/2016, seguido de pousio. O experimento foi implantado em área de sequeiro sob sistema plantio direto, no período das águas, ocupando uma área de 1600 m².

Durante o desenvolvimento da cultura, foi medido o teor de água no perfil do solo, em %, em vários estádios fenológicos da cultura na profundidade de 0,00 a 1,00 m, sendo aferida a cada 0,10 m. Nesse estudo foi apresentado o teor de água no solo somente para as profundidades 0-10; 10-20; 20-30 e 30-40 cm. A partir de 40 cm de profundidade, basicamente não houve alteração no teor de água do solo (Figura 14).

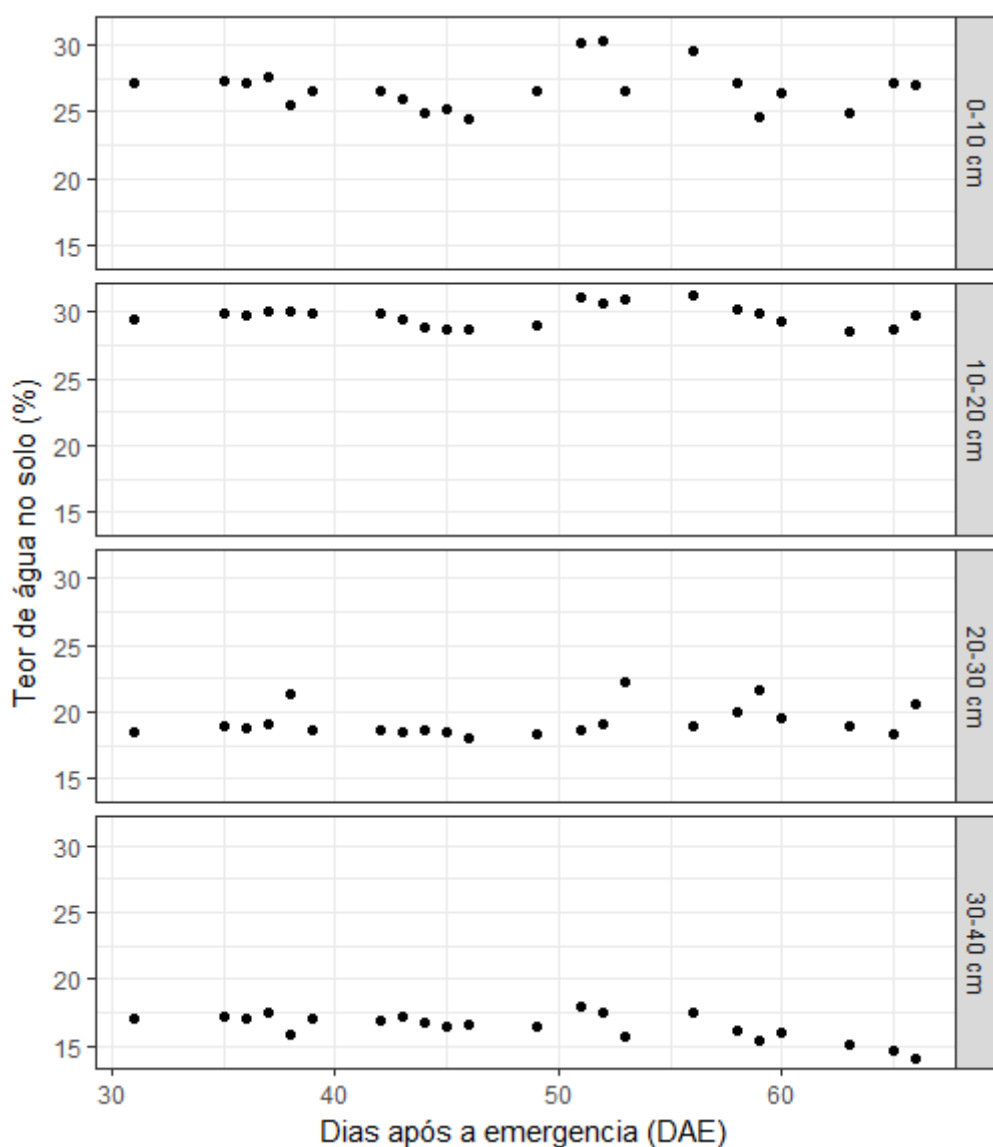


Figura 14. Teor volumétrico de água no solo (%) para as profundidades de 0-10, 10-20, 20-30 e 30-40 cm, durante o experimento com feijão-comum. Santo Antônio de Goiás, GO, 2016/2017.

Tibau (1976) aponta que em solos argilosos a capacidade de campo é atingida quando o solo apresenta 35% de teor de água e o ponto de murcha permanente ocorre quando esse percentual decresce para 18%. Sendo assim, pode-se observar que até a 20 cm de profundidade, o percentual de água no solo variou em torno de 30% de água, indicando que não houve déficit hídrico ao longo do ciclo da cultura (Figura 14).

5.1.4 Delineamento experimental e tratamentos

O experimento foi implantado seguindo o delineamento experimental de blocos casualizados, com quatro repetições em esquema fatorial 2X3X3+2. O primeiro fator foi a inoculação, com ausência ou presença de tratamento de sementes com bactérias de *R. tropici*, utilizando-se as estirpes SEMIA 4077, SEMIA 4080 e SEMIA 4088, na proporção 1:1:1, na concentração de 10^9 células g^{-1} de turfa. O inoculante turfoso foi produzido no laboratório de microbiologia da Embrapa Arroz e Feijão e as estirpes utilizadas são registradas no Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento – MAPA para tal finalidade (BRASIL, 2011).

O segundo fator avaliado foi época de aplicação de nitrogênio em cobertura, baseando-se nos estádios fenológicos da cultura. Para isso, foram estabelecidas três épocas de aplicação, estágio fenológico V0, correspondente à germinação das sementes, estágio fenológico V2, planta com folhas primárias completamente expandidas e o estágio fenológico V4, onde o 3º trifólio encontra-se completamente expandido (DIDONET; CARVALHO, 2014).

O terceiro fator foram doses de nitrogênio aplicadas em cobertura, assim definidas em 50, 100 e 150 $kg\ ha^{-1}$ de nitrogênio. Os dois tratamentos adicionais não receberam adubação nitrogenada. No tratamento adicional 1 foi realizado somente o tratamento de sementes com inoculante e no adicional 2 não houve tratamento de sementes e aplicação de N.

5.1.5 Implantação e condução do experimento

O experimento foi implantado em sistema plantio direto e se iniciou com a dessecação da área, no dia 14 de novembro de 2016, trinta dias antes da semeadura. O dessecante utilizado possui o princípio ativo glifosato, na concentração 480 g l⁻¹ e a dose utilizada foi de 3 l ha⁻¹.

A dose de inoculante utilizada foi de 250 g para cada 50 kg de sementes. A seguir foram colocadas para secar à sombra por duas horas antes da semeadura. Cada parcela foi composta por quatro fileiras com 5,3 m de comprimento, espaçadas entre si em 0,45 m, com a densidade de 444.444 sementes ha⁻¹. A adubação utilizada na semeadura foi o fosfato monoamônico (MAP) (11 – 54 – 00), na dose de 200 kg ha⁻¹, seguindo a recomendação de Sousa e Lobato, (2004).

Nos estádios fenológicos V0, V2 e V4 foram realizadas as adubações nitrogenadas em cobertura. Esta foi à lanço, de forma manual e de uma só vez. A fonte de fertilizante utilizada foi a uréia (45% de N), na dose de 200 kg ha⁻¹.

Os tratos culturais referentes ao manejo de pragas, doenças e plantas daninhas, seguiram o preconizado pelo Manejo Integrado de Pragas – MIP, Manejo Integrado de Doenças – MID e Manejo Integrado de Plantas Daninhas - MIPD para a cultura do feijão-comum (BARBOSA et al. 2009; QUINTELA et al. 2005).

Ao final do ciclo da cultura, estágio fenológico R9, maturação fisiológica (DIDONET; CARVALHO, 2014), realizou-se a colheita da área útil das parcelas. Foram colhidos três metros de fileiras de plantas de cada uma das duas fileiras centrais, desprezando-se 1,80 m no início e 0,5 m no final das mesmas, como sendo as áreas de bordadura.

5.1.6 Variáveis avaliadas

Foi contado o número de plantas da área útil das parcelas. Deste conjunto de plantas, foram retiradas cinco ao acaso para avaliação dos componentes de produtividade. Foram contados o número de vagens, o número de grãos por vagem, a massa de 100 grãos, a produtividade de grãos, o percentual de peneira e, posteriormente avaliou-se o teor de proteína dos grãos.

As vagens foram destacadas das plantas e contadas individualmente. Após foram colocadas para secar em temperatura ambiente por sete dias e trilhadas. Os grãos foram contados e, também, foi realizada a classificação dos mesmos por espessura, utilizando-

se um conjunto de peneiras. As peneiras continham orifícios oblongos medindo 3,96 mm, 4,36 mm e 4,76 mm de espessura. As peneiras de classificação de grãos de feijão são popularmente conhecidas como peneiras 10, 11 e 12, respectivamente. Os grãos retidos nessas peneiras são considerados comerciais e os menores do que 3,96 mm (peneira 10) em espessura não possuem valor comercial e são chamados de resíduo (CARBONELL et al. 2010).

As demais plantas remanescentes da área útil de cada parcela foram secadas ao sol por sete dias e posteriormente trilhadas. Após este processo, os grãos foram somados aqueles das cinco plantas utilizadas para retirada dos dados de componentes de produtividade. Aferiu-se o teor de umidade dos grãos e a pesagem dos mesmos. Após o teor de umidade foi corrigido para 13 % e, assim, estimou-se a massa de 100 grãos e a produtividade de grãos por hectare.

5.1.7 Análises estatísticas

Para cada variável testou-se as pressuposições de normalidade dos resíduos, homogeneidade das variâncias e aditividade dos efeitos entre os blocos e tratamentos pelos testes de Shapiro-Wilk, Levene e Tukey, respectivamente, todas à 0,05 de significância. Os fatores inoculante e épocas de aplicação de nitrogênio foram analisados pelo teste de médias Tukey e o fator doses de nitrogênio por meio da análise de regressão, ambos a 0,05 de significância.

5.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A interação entre as fontes de variação inoculação, épocas e doses de nitrogênio em diferentes estádios fenológicos, não foi significativa para produtividade de grãos e os demais componentes de produtividade, assim como, não se observou respostas diferentes quando comparada aos tratamentos adicionais na cultivar superprecoce BRS FC104 (Tabela 20).

Tabela 20. Análise de variância para o número de plantas por hectare (NP), número de vagens por planta (NV), número de grãos por vagem (GV), massa de 100 grãos (M100G), produtividade de grãos (PG), espessura dos grãos (EG) e do teor de proteína dos grãos (TP), da cultivar de feijão-comum BRS FC104. Santo Antônio de Goiás, GO, 2016/2017.

Fontes de variação	NP	NV	GV	M100G	PG
IN ¹	4938468811,5 ^{ns}	0,144 ^{ns}	0,595 ^{ns}	5,401 ^{ns}	38207,9 ^{ns}
EF ¹	4481789818,6*	0,011 ^{ns}	0,367 ^{ns}	7,949 ^{ns}	12613,9 ^{ns}
DN ¹	317977531,8 ^{ns}	0,137 ^{ns}	0,111 ^{ns}	5,666 ^{ns}	48003,9 ^{ns}
IN x EF	917541181,2 ^{ns}	0,004*	0,248 ^{ns}	5,355 ^{ns}	27802,5 ^{ns}
IN x DN	490590250,1 ^{ns}	0,138 ^{ns}	0,378 ^{ns}	8,284 ^{ns}	131009,1 ^{ns}
EF x DN	434575879,7 ^{ns}	0,203 ^{ns}	0,653 ^{ns}	3,324 ^{ns}	120368,4 ^{ns}
IN x EF x DN	1395937392,6 ^{ns}	0,329 ^{ns}	0,132 ^{ns}	5,130 ^{ns}	68248,2 ^{ns}
Fatorial x Adicional 1 x Adicional 2	469612239,4 ^{ns}	0,055 ^{ns}	0,007 ^{ns}	5,051 ^{ns}	4522,7 ^{ns}
Adicional 1 x Adicional 2	829903978,0 ^{ns}	0,101 ^{ns}	0,172 ^{ns}	3,278 ^{ns}	84651,2 ^{ns}
CV (%)	11,65	11,23	11,50	12,66	18,32
Média	323009,2	3,849	5,318	20,599	1974,7
Transformação	-	√x	-	-	-

	EG				TP
	Resíduos	Peneira 10	Peneira 11	Peneira 12	
IN	8,24 ^{ns}	8,24 ^{ns}	39,41 ^{ns}	158,58 ^{ns}	0,39 ^{ns}
EF	20,14 ^{ns}	20,14 ^{ns}	25,69 ^{ns}	85,39 ^{ns}	1,43 ^{ns}
DN	61,08 ^{ns}	61,08 ^{ns}	91,49 ^{ns}	288,21 ^{ns}	2,39 ^{ns}
IN x EF	35,93 ^{ns}	35,93 ^{ns}	34,88 ^{ns}	115,66 ^{ns}	4,69 ^{ns}
IN x DN	73,55 ^{ns}	73,55 ^{ns}	119,79 ^{ns}	243,36 ^{ns}	3,41 ^{ns}
EF x DN	2,87*	2,87*	11,41 ^{ns}	83,88 ^{ns}	0,92 ^{ns}
IN x EF x DN	28,71 ^{ns}	28,71 ^{ns}	36,60 ^{ns}	81,46 ^{ns}	1,94 ^{ns}
Fatorial x Adicional 1 x Adicional 2	11,21 ^{ns}	11,21 ^{ns}	1,99 ^{ns}	24,47 ^{ns}	0,17 ^{ns}

Adicional 1 x Adicional 2	5,82 ^{ns}	5,82 ^{ns}	6,88 ^{ns}	1,48 ^{ns}	1,12 ^{ns}
CV (%)	42,44	7,94	11,81	22,73	8,98
Média	14,19	75,80	65,65	57,07	22,94
Transformação	-	Arco Seno ($\sqrt{x}/100$)	Arco Seno ($\sqrt{x}/100$)	Arco Seno ($\sqrt{x}/100$)	-

*, ns = significativo e não significativo à 0,05 de probabilidade pelo teste F de Snedecor, respectivamente.

¹ IN = Inoculante; EF = Estádio fenológico de aplicação de nitrogênio; DN = Dose de nitrogênio

5.2.1 Número de plantas por hectare

O número de plantas por hectare se constituiu como uma variável que não foi influenciada pela interação entre a inoculação das sementes com *R. tropici*, épocas e doses de N em cobertura. Os tratamentos adicionais, com e sem inoculante e sem aplicação de fertilizante nitrogenado não apresentaram diferenças para os demais tratamentos, evidenciando que a aplicação de N na germinação das sementes, estágio fenológico V0 (DIDONET; CARVALHO, 2014), foi o grande responsável pela diminuição significativa no número de plantas por hectare (Tabela 21).

Tabela 21. Número de plantas em função da inoculação das sementes (IS) e doses de nitrogênio (DN) em diferentes estádios fenológicos (EF). Santo Antônio de Goiás, GO, 2016/2017.

IS	EF	DN (kg ha ⁻¹)			Médias (IS)	Médias (EF)
		50	100	150		
Com inoculante	V0 ¹	300.000	298.148	283.333		308.487 B
	V2 ¹	324.074	328.703	327.777	315.535 A	334.722 A
	V4 ¹	318.518	324.074	335.185		328.240 AB
Sem inoculante	V0 ¹	319.444	311.111	338.888		308.487 B
	V2 ¹	351.851	356.481	319.444	332.098 A	334.722 A
	V4 ¹	351.851	322.222	317.592		328.240 AB
Médias		327.623	323.456	320.370		
Com inoculante			305.555 ^Δ			
Sem inoculante			325.925 ^Υ			

Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

DMS para inoculante: 17.765; DMS para estágio fenológico: 26.143 CV (%): 11,65.

^{Δy} Diferem entre si pelo teste de Dunnett a 0,05 de probabilidade.

DMS Dunnett: 79.636.

Shapiro-Wilk: 0,650; Levene: 0,378; Aditividade: 0,045.

¹ V0 = germinação da semente; V2 = folhas primárias expandidas; V4 = terceiro trifólio expandido.

Os resultados obtidos divergem do trabalho Meira et al. (2005), que aplicando sete doses de N, que variaram de 0 até 240 kg ha⁻¹, em cobertura em distintas épocas, não observaram variações na germinação das sementes. Araújo et al. (1994), Teixeira et al. (2000), Rodrigues et al. (2002) e Kikuti et al. (2005) atribuíram ao efeito salino do fertilizante nitrogenado a diminuição do número de plantas por hectare, assemelhando aos resultados encontrados neste trabalho, porém, utilizando outras cultivares.

Os tratamentos onde as sementes foram inoculadas apresentaram crescimentos lineares no número de plantas por hectare quando receberam doses crescentes de nitrogênio nos estádios fenológicos V2 e V4. É sabido que a elevação da dose de N poderá acarretar problemas quanto à salinização do solo (ARAÚJO et al. 1994, TEIXEIRA et al. 2000, RODRIGUES et al. 2002, KIKUTI et al. 2005), fato que pode explicar a morte das sementes em germinação e de plântulas, momento em que as radículas estão no início do seu desenvolvimento, conforme ocorreu quando o N foi aplicado no estágio fenológico V0 (Figura 15A).

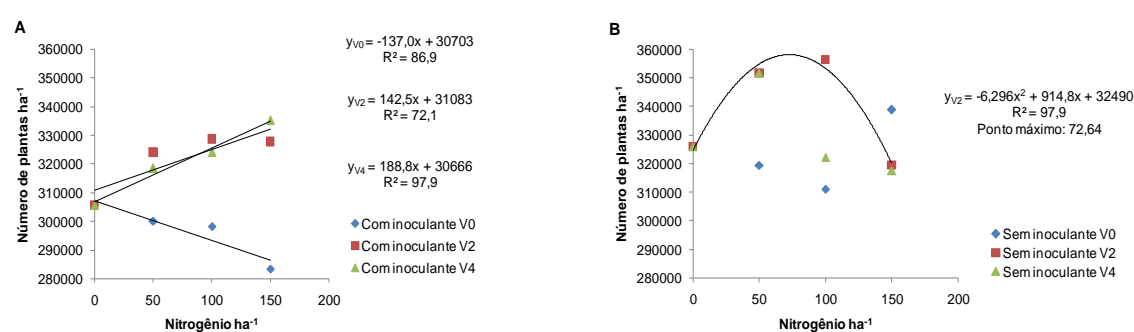


Figura 15. Número de plantas em função da inoculação das sementes e doses de nitrogênio em diferentes estádios fenológicos. (A – com inoculante; B – sem inoculante nas sementes). Santo Antônio de Goiás, GO, 2016/2017.

Nos tratamentos não inoculados, somente as doses de N aplicadas no estágio fenológico V2 permitiram ajuste a um modelo com equação quadrática, onde o maior

número de plantas por hectare se deu com a aplicação da dose de 98 kg ha⁻¹ (Figura 15B).

5.2.2 Número de vagens por planta

A multiplicação do número de plantas, o número de vagens por planta, o número de grãos por vagem e a massa de 100 grãos compõem a produtividade de grãos. Sendo assim, quanto maior for a produção de vagens por planta, maior é o potencial de elevação da produtividade de grãos.

Nota-se que não houve diferença significativa entre os tratamentos com a testemunha absoluta (adicional 2), que não recebeu inoculante e N. O trabalho de Araújo et al. (2007) mostrou não haver benefícios na utilização das estirpes de *R. tropici* SEMIA 4077, SEMIA 4080 em relação a testemunha não inoculada. Estes dados são concordantes com o obtido no presente estudo (Tabela 22).

Tabela 22. Número de vagens por planta em função da inoculação das sementes (IS) e doses de nitrogênio (DN) em diferentes estádios fenológicos (EF). Santo Antônio de Goiás, GO, 2016/2017.

IS	EF	DN (kg ha ⁻¹)			Médias (IS)	Médias (EF)
		50	100	150		
Com inoculante	V0 ¹	14,30	15,15	14,15		14,75 A
	V2 ¹	15,35	13,95	15,20	14,66 A	15,15 A
	V4 ¹	12,10	13,85	17,85		14,92 A
Sem inoculante	V0 ¹	16,80	14,30	13,80		14,75 A
	V2 ¹	12,75	17,00	16,70	15,23 A	15,15 A
	V4 ¹	14,45	16,80	14,50		14,92 A
Médias		14,45	16,80	14,50		
Com inoculante			14,75 ^Δ			
Sem inoculante			16,35 ^Υ			
Transformação				√x		

Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

DMS para inoculante: 0,20; DMS para estágio fenológico: 0,30; CV (%): 11,23.

^{Δy} Diferem entre si pelo teste de Dunnett a 0,05 de probabilidade.

DMS Dunnett: 0,91.

Shapiro-Wilk: 0,090; Levene: 0,170; Aditividade: 0,298.

¹ V0 = germinação da semente; V2 = folhas primárias expandidas; V4 = terceiro trifólio expandido.

Levando-se em consideração a adubação nitrogenada em cobertura, os trabalhos conduzidos por Arf et al. (2008), Binotti et al. (2009), Silva (2010) e Cunha et al. (2011) mostraram haver uma relação direta da adubação nitrogenada em cobertura e a produção de vagens por planta. Todos trabalharam com diversas doses de N em cobertura e a produção de vagens por planta acompanhou o incremento da adubação, o que discordou dos resultados obtidos por este estudo.

Vale ressaltar que existe grande variabilidade nos resultados encontrados na literatura quando se trabalhou com nitrogênio em cobertura na cultura do feijão-comum. As variáveis que interferem no resultado final são muitas e de extrema relevância para os resultados de pesquisa, como os diversos modelos de sistemas agrícolas, o solo onde os estudos são conduzidos, as variações climáticas do local de implantação dos experimentos e as variedades/cultivares avaliadas (CHIDI et al. 2002, BERNARDES et al. 2014).

5.2.3 Número de grãos por vagem

O número de grãos por vagem não diferiu quando a cultivar BRS FC104 foi submetida à inoculação das sementes e a doses de N aplicadas em diferentes épocas, sendo esses tratamentos avaliados em conjunto ou mesmo isoladamente (Tabela 23).

Tabela 23. Número de grãos por vagem em função da inoculação das sementes (IS) e doses de nitrogênio (DN) em diferentes estádios fenológicos (EF). Santo Antônio de Goiás, GO, 2016/2017.

IS	EF	DN (kg ha ⁻¹)			Médias (IS)	Médias (EF)
		50	100	150		
Com inoculante	V0 ¹	5,38	5,69	4,77	5,41 A	5,45 A
	V2 ¹	5,79	5,28	5,14		5,30 A

	V4 ¹	5,60	5,39	5,62		5,20 A
	V0 ¹	5,58	5,42	5,17		5,45 A
Sem inoculante	V2 ¹	5,16	5,14	4,94	5,23 A	5,30 A
	V4 ¹	5,18	4,86	5,58		5,20 A
Médias		5,33	5,24	5,37		
Com inoculante			5,14 ^Δ			
Sem inoculante			5,43 ^Υ			

Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

DMS para inoculante: 0,28; DMS para estádios fenológicos: 0,42; CV (%): 11,50.

^{ΔΥ} Diferem entre si pelo teste de Dunnett a 0,05 de probabilidade.

DMS Dunnett: 1,29.

Shapiro-Wilk: 0,005; Levene: 0,078; Aditividade: 0,419.

¹ V0 = germinação da semente; V2 = folhas primárias expandidas; V4 = terceiro trifólio expandido.

Esse resultado corrobora com o trabalho de Bernardes et al. (2014) quando trabalharam com as mesmas doses de N aplicadas em cobertura, o mesmo ocorreu no trabalho conduzido por Silva e Silveira, (2000) em que em duas safras agrícolas seguidas, trabalhando com seis doses de N aplicadas em cobertura, não encontraram variações significativas para essa característica. Andrade et al. (1998); Soratto et al. (2004) e Binotti et al. (2009) afirmaram que há pouca variação nessa característica em função do manejo e que ela está altamente relacionada à fatores genéticos, o que explica não haver variação em função dos tratamentos aplicados à cultivar BRS FC104.

5.2.4 Massa de 100 grãos

A cultivar BRS FC104 não apresentou qualquer variação significativa para massa de 100 grãos quando submetida aos tratamentos com inoculante, épocas de aplicação de N e doses de N em cobertura, mesmo em relação ao tratamento adicional 2, que não recebeu inoculante e N (Tabela 24).

Tabela 24. Massa de 100 grãos (g) em função da inoculação das sementes (IS) e doses de nitrogênio (DN) em diferentes estádios fenológicos (EF). Santo Antônio de Goiás, GO, 2016/2017.

IS	EF	DN (kg ha ⁻¹)	Médias	Médias
----	----	---------------------------	--------	--------

		50	100	150	(IS)	(EF)
Com inoculante	V0 ¹	20,17	20,52	21,03		20,13 A
	V2 ¹	19,61	20,38	20,21	20,40 A	21,28 A
	V4 ¹	19,81	20,67	21,24		20,63 A
Sem inoculante	V0 ¹	20,33	22,33	22,45		20,13 A
	V2 ¹	20,85	21,87	21,44	20,95 A	21,28 A
	V4 ¹	20,01	21,87	17,42		20,63 A
Médias		21,14	20,73	20,17		
Com inoculante			21,46 ^Δ			
Sem inoculante			19,29 ^Y			

Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

DMS para inoculante: 1,23; DMS para estádios fenológicos: 1,81; CV (%): 12,66.

^{ΔY} Diferem entre si pelo teste de Dunnett a 0,05 de probabilidade.

DMS Dunnett: 5,52.

Shapiro-Wilk: 0,004; Levene: 0,159; Aditividade: 0,966.

¹ V0 = germinação da semente; V2 = folhas primárias expandidas; V4 = terceiro trifólio expandido.

Crusciol et al. (2007) e Gomes Júnior et al. (2008) não encontraram diferença para essa característica quando trabalharam com doses de N em cobertura até as doses de 120 e 140 kg ha⁻¹, respectivamente.

Por outro lado, Soratto et al. (2006) obteve respostas positivas para doses crescentes de N em cobertura, obtendo a máxima eficiência quando se utilizou a dose de 140 kg ha⁻¹, sendo utilizada a uréia como fonte de N. Já Cunha et al. (2011) obtiveram respostas positivas até a dose de 175 kg ha⁻¹ de N. Cabe ressaltar que em ambos os trabalhos as cultivares foram distas da utilizada neste trabalho.

5.2.5 Produtividade de grãos

A cultivar BRS FC104 não respondeu à inoculação das sementes com as estirpes SEMIA 4077, SEMIA 4080 e SEMIA 4088 de *R. tropici*, tampouco à doses de nitrogênio aplicadas em estádios fenológicos distintos (Tabela 25).

Tabela 25. Produtividade de grãos em função da inoculação das sementes (IS) e doses de nitrogênio (DN) em diferentes estádios fenológicos (EF). Santo Antônio de Goiás, GO, 2016/2017.

IS	ES	DN (kg ha ⁻¹)			Médias (IS)	Médias (EF)
		50	100	150		
Com inoculante	V0 ¹	1932	2102	1778		1992 A
	V2 ¹	1946	1859	1965	1954 A	2013 A
	V4 ¹	1772	2176	2053		1927 A
Sem inoculante	V0 ¹	2041	2160	1941		1992 A
	V2 ¹	2213	1921	1799	2000 A	2013 A
	V4 ¹	2038	1862	2024		1927 A
Médias		1990	2013	1927		
Com inoculante			1849 ^Δ			
Sem inoculante			2055 ^Y			

Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

DMS para inoculante: 170,8; DMS para estádios fenológicos: 251,3; CV (%): 18,32.

^{ΔY} Diferem entre si pelo teste de Dunnett a 0,05 de probabilidade.

DMS Dunnett: 765,7.

Shapiro-Wilk: 0,637; Levene: 0,672; Aditividade: 0,218.

¹ V0 = germinação da semente; V2 = folhas primárias expandidas; V4 = terceiro trifólio expandido.

Nascente et al. (2017) trabalhando com a cultivar BRS FC104, quando ainda se denominava de linhagem CNFC 15874, não observaram resposta em produtividade de grãos quando se aplicou a dose de 90 kg ha⁻¹ de N na semeadura e 90 kg ha⁻¹ de N em cobertura, assim como, dividindo essa mesma dose entre semeadura e cobertura. Os autores atribuíram esse resultado à disponibilidade de N e a matéria orgânica presentes no solo. Esses mesmos autores notaram ainda haver diferença entre o cultivo de inverno (3^a época) e o cultivo de verão (1^a época), sendo a produtividade de grãos desse último significativamente menor.

A grande oferta de água das chuvas (Tabela 18), associada à disponibilidade de N e a matéria orgânica presente no solo, também podem ter contribuído para o resultado do presente trabalho. Frizzzone et al. (1987) estudando a interação entre lâminas de água e doses de nitrogênio em feijão-comum, mostraram que há contribuição efetiva da água para produtividade de grãos. No trabalho, quando a dose aplicada de N em cobertura foi

de 30 kg ha⁻¹, a produtividade de grãos se elevou de 1.234 kg ha⁻¹ para 1.630 kg ha⁻¹ somente com o incremento da lâmina de água de 298 mm para 420 mm. No mesmo trabalho, quando se aplicou 30 kg ha⁻¹ de N e 420 mm de lâmina de água a produtividade de grãos foi maior do que quando se aplicou 90 kg ha⁻¹ de N utilizando 298 mm de lâmina de água, ou seja, a maior disponibilidade de água reduziu a demanda das plantas por nitrogênio.

5.2.6 Percentual de resíduo de grãos e de grãos retidos nas peneiras 10, 11 e 12

Os tratamentos utilizados não surtiram efeito sobre os percentuais de resíduo de grãos ou percentuais de peneiras, analisando a interação entre eles ou mesmo o efeito isolado de cada um. Encontram-se respostas muito variadas para essa característica na literatura, indicando que as variações são decorrentes de vários fatores, com efeitos isolados ou em conjunto, como a cultivar adotada, a classe de solo, o manejo e as condições ambientais (Tabela 26).

Tabela 26. Percentual de resíduo de grãos (peneira <10) e de grãos retidos na peneira 10 (3,96 mm), peneira 11 (4,36 mm) e peneira 12 (4,76 mm); em função da inoculação das sementes (IS) e doses de nitrogênio (DN) em diferentes estádios fenológicos (EF). Santo Antônio de Goiás, GO, 2016/2017.

Santo Antônio de Goiás, GO, 2016/2017.

IS	EF	DN (kg ha ⁻¹)			Médias (IS)	Médias (EF)
		50	100	150		
Resíduo de grãos						
Com inoculante	V0 ¹	5,78	8,73	8,87		7,70 A
	V2 ¹	5,94	8,66	7,14	6,98 A	5,89 A
	V4 ¹	7,44	6,38	3,90		6,50 A
Sem inoculante	V0 ¹	6,05	6,91	9,88		7,70 A
	V2 ¹	4,02	3,08	6,51	6,41 A	5,89 A
	V4 ¹	3,18	5,52	12,57		6,50 A
Médias		5,40	6,55	8,15		
Com inoculante			8,63 ^Δ			
Sem inoculante			8,51 ^Υ			

Transformação		Arco Seno ($\sqrt{x}/100$)				
Peneira 10						
Com inoculante	V0 ¹	94,21	91,26	91,12		92,29 A
	V2 ¹	94,05	91,33	92,85	93,01 A	94,10 A
	V4 ¹	92,55	93,61	96,09		93,49 A
Sem inoculante	V0 ¹	93,94	93,08	90,11		92,29 A
	V2 ¹	95,97	96,91	93,48	93,58 A	94,10 A
	V4 ¹	96,81	94,47	87,42		93,49 A
Médias		94,59	93,44	91,84		
Com inoculante		91,36 ^Δ				
Sem inoculante		91,48 ^Y				
Transformação		Arco Seno ($\sqrt{x}/100$)				
Peneira 11						
Com inoculante	V0 ¹	80,44	77,75	77,39		80,47 A
	V2 ¹	85,95	75,89	82,17	80,96 A	83,34 A
	V4 ¹	79,95	79,30	89,78		82,35 A
Sem inoculante	V0 ¹	85,25	83,13	78,83		80,47 A
	V2 ¹	89,49	85,12	81,43	83,14 A	83,34 A
	V4 ¹	87,96	82,15	74,94		82,35 A
Médias		84,84	80,56	80,76		
Com inoculante		81,76 ^Δ				
Sem inoculante		79,69 ^Y				
Transformação		Arco Seno ($\sqrt{x}/100$)				
Peneira 12						
Com inoculante	V0 ¹	54,15	55,40	54,11		56,10 A
	V2 ¹	59,90	48,87	58,59	55,77 A	59,43 A
	V4 ¹	57,40	49,69	63,83		56,23 A
Sem inoculante	V0 ¹	57,80	57,33	57,81		56,10 A
	V2 ¹	71,67	60,30	57,28	58,74 A	59,43 A
	V4 ¹	64,87	53,03	48,57		56,23 A

Médias	60,97	54,10	56,70
Com inoculante		54,98 ^Δ	
Sem inoculante		55,84 ^Y	

Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

^{ΔY} Diferem entre si pelo teste de Dunnett a 0,05 de probabilidade.

Resíduo de grãos = DMS para inoculante: 2,84; DMS para estádios fenológicos: 4,18; CV (%): 42,44.

Peneira 10 = DMS para inoculante: 2,84; DMS para estádios fenológicos: 4,18; CV (%): 7,94.

Peneira 11 = DMS para inoculante: 3,66; DMS para estágio fenológico: 5,38; CV (%): 11,81.

Peneira 12 = DMS para inoculante: 6,12; DMS para estádios fenológicos: 9,01; CV (%): 22,73.

DMS Dunnett = Resíduo de grãos; peneiras 10; 11; 12: 12,74; 12,74; 16,41; e 27,45, respectivamente.

Shapiro-Wilk = Resíduo de grãos; Peneira 10; Peneira 11; Peneira 12: 0,043; 0,042; 0,215; e 0,264, respectivamente.

Levene = Resíduo de grãos; Peneira 10; Peneira 11; Peneira 12: 0,138; 0,138; 0,404; e 0,759, respectivamente.

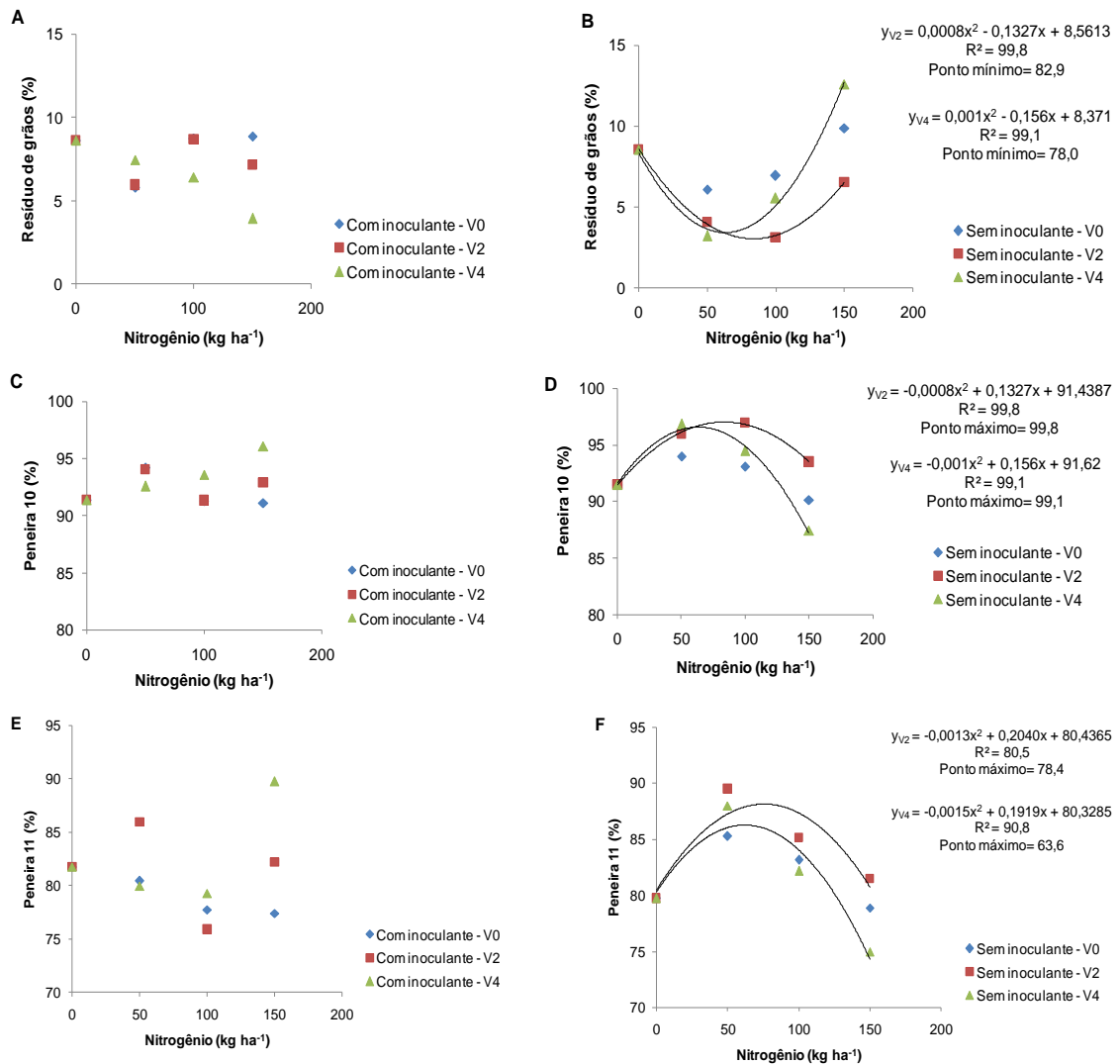
Aditividade = Resíduo; Peneira 10; Peneira 11; Peneira 12: 3,26; 3,26; 2,32; e 4,91, respectivamente.

¹ V0 = germinação da semente; V2 = folhas primárias expandidas; V4 = terceiro trifólio expandido.

Trabalhando com a cultivar de feijão-comum Pérola, que possui características agrônômicas distintas da cultivar BRS FC104, Fiorentin et al. (2012) não encontraram diferença significativa na espessura dos grãos quando aplicou-se as doses 0, 40, 80, 120 e 160 kg ha⁻¹ em cobertura. Em outro trabalho, Carvalho et al. (2001) encontraram respostas positivas ao fornecimento de nitrogênio às plantas da cultivar IAC Carioca em relação ao tratamento não adubado, porém, neste trabalho as setes doses de N foram divididas em distintas proporções em adubação de semeadura e de cobertura, sempre resultando em um total de N aplicado de 75 kg ha⁻¹; discordando dos resultados obtidos por Crusciol et al. (2003) que encontram diferenças significativa para espessura dos grãos trabalhando com a mesma cultivar, porém as doses de N aplicadas foram inferiores, sendo a dose máxima de 25 kg ha⁻¹.

Foi ajustado um modelo estatístico que representa a dispersão dos dados somente para os tratamentos que receberam inoculante (Figuras 16B, 16D, 16F e 16H). Obtendo-se o menor percentual de resíduo de grãos quando se utilizou a dose aproximada de 100 kg ha⁻¹ de N nos estádios fenológicos V2 e V4 (Figura 16B).

Para se alcançar os maiores percentuais de peneiras 10, 11 e 12, as doses de N não foram as mesmas, e o requerimento de N decresceu na medida em que se elevou a espessura dos grãos, sendo o nitrogênio sempre aplicado nos estádios V2 e V4 (Figuras 16D, 16F e 16H). Nota-se também que, independentemente da dose de N utilizada para as peneiras 11 e 12, as de maior interesse comercial (CARBONELL et al. 2010), a aplicação do N foi mais eficiente no estágio fenológico V2 (Figura 16F e 16H).



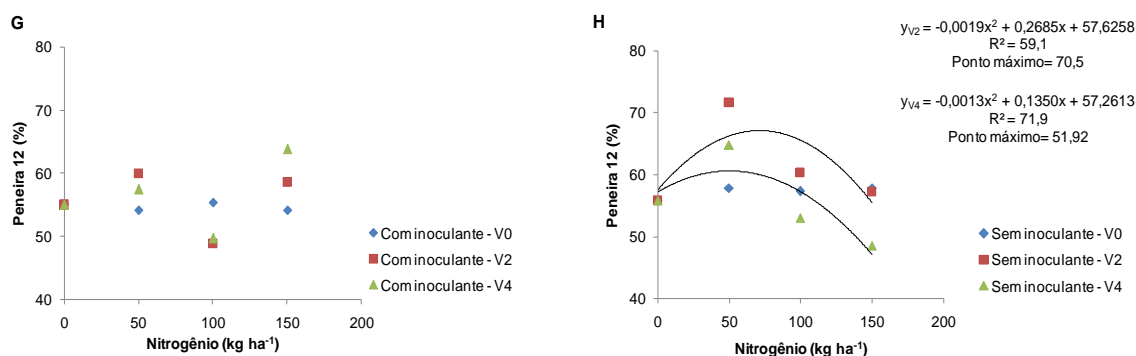


Figura 16. Percentual de resíduo de grãos (A – com inoculante; B – sem inoculante nas sementes); peneira >10 (C – com inoculante; D – sem inoculante nas sementes); peneira >11 (E – com inoculante; F – sem inoculante nas sementes); peneira >12 (G – com inoculante; H – sem inoculante nas sementes) em função da inoculação das sementes (IS) e doses de nitrogênio (DN) em diferentes estádios fenológicos (EF). Santo Antônio de Goiás, GO, 2016/2017.

5.2.7 Teor de proteína dos grãos

Gomes Junior e Sá (2010) relataram haver relação direta entre a aplicação de nitrogênio e maior acúmulo de proteína nos grãos de feijão-comum. Os autores observaram o teor máximo de proteína de 22,9% quando se aplicou a dose de 73 kg ha⁻¹ de N na cultivar IPR Juriti, e de 20,6% obtido com a aplicação de 88 kg ha⁻¹ de N na cultivar Pérola. Os resultados positivos ao uso do nitrogênio para o aumento do teor de proteína dos grãos divergem dos resultados deste estudo, visto que o tratamento adicional 2, sem inoculante e sem nitrogênio em cobertura se comportou de maneira similar aos demais tratamentos (Tabela 27).

Tabela 27. Teor de proteína dos grãos em função da inoculação das sementes (IS) e doses de nitrogênio (DN) em diferentes estádios fenológicos (EF). Santo Antônio de Goiás, GO, 2016/2017.

IS	EF	DN (kg ha ⁻¹)			Médias (IS)	Médias (EF)
		50	100	150		
Com inoculante	V0 ¹	22,81	23,73	23,57		22,79 A
	V2 ¹	22,58	22,78	22,65	23,00 A	22,78 A
	V4 ¹	22,18	22,89	23,83		23,21 A
Sem	V0 ¹	21,56	22,72	22,36	22,85 A	22,79 A

inoculante	V2 ¹	23,23	22,99	22,47	22,78 A
	V4 ¹	23,63	24,56	22,18	23,21 A
Médias		22,66	23,28	22,84	
Com inoculante			22,71 ^Δ		
Sem inoculante			23,46 ^Y		

Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

DMS para inoculante: 0,97; DMS para estágio fenológico: 1,43; CV (%): 8,98.

^{ΔY} Diferem entre si pelo teste de Dunnett a 0,05 de probabilidade.

DMS Dunnett: 4,35.

Shapiro-Wilk: 0,000; Levene: 0,000; Aditividade: 0,735.

¹ V0 = germinação da semente; V2 = folhas primárias expandidas; V4 = terceiro trifólio expandido.

Embora exista relação direta entre o N e o teor de proteína dos grãos (Gomes Junior e Sá, 2010), em experimento conduzido em solo com características químicas e físicas e em condições ambientais muito próximas ao do presente trabalho, Nascente et al. (2017) conduziram quatro experimentos em quatro safras distintas e não encontraram diferenças para produtividade de grãos e demais componentes de produtividade quando se avaliou o desempenho de duas linhagens e da cultivar BRS FC104, todas de ciclo superprecoce. Os autores atribuíram o resultado à contribuição da matéria orgânica no fornecimento de N. Este fato contribui para explicar a não resposta da cultivar BRS FC104 à adubação nitrogenada.

5.3 CONCLUSÕES

A interação entre a inoculação das sementes e as épocas de aplicação e doses de nitrogênio não foi significativa para produtividade de grãos, componentes de produtividade, espessura e para o teor de proteína dos grãos.

A inoculação das sementes com as estirpes SEMIA 4077, SEMIA 4080 e SEMIA 4088 de *Rhizobium tropici* não foram eficientes no fornecimento de nitrogênio às plantas.

A aplicação de nitrogênio na germinação das sementes reduziu a população final de plantas.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, M. J. B. de et al. Resposta da cultura do feijoeiro à aplicação foliar de molibdênio e às adubações nitrogenadas de plantio e cobertura. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 22, n. 3, p. 499-508, 1998.
- ARAÚJO, F. F. de et al. Fixação biológica de N² no feijoeiro submetido a dosagens de inoculante e tratamento químico na semente comparado a adubação nitrogenada. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 29, n. 4, p. 535-540, 2007.
- ARAÚJO, G. A. de A. et al. Efeito da época de aplicação do adubo nitrogenado em cobertura sobre o rendimento do feijão, no período de outono-inverno. **Revista Ceres**, v. 14, n. 236, p. 442-450, 1994.
- ARF, O. et al. Mecanismos de abertura do sulco e adubação nitrogenada no cultivo do feijoeiro em sistema plantio direto. **Bragantia**, v. 67, n. 2, p. 499-506, 2008.
- BARBOSA, F. R.; GONZAGA, A. C. de O. (Ed.). **Informações técnicas para o cultivo do feijoeiro-comum na Região Central-Brasileira: 2012-2014**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2012. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 272).
- BARBOSA, F. R. et al. **Sistema de produção integrada do feijoeiro comum na região central brasileira**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2009. 28 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Circular técnica, 86).
- BERNARDES, T. G. et al. Resposta do feijoeiro de outono-inverno a fontes e doses de nitrogênio em cobertura. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 2, p. 458-468, 2014.
- BINOTTI, F. F. S. et al. Fontes, doses e modo de aplicação de N em feijoeiro no sistema plantio direto. **Bragantia**, v. 68, n. 2, p. 473-481, 2009.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa Nº 13, de 24 de março de 2011. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 25 mar. 2011. Seção 1.
- CARBONELL, S. A. M. et al. Tamanho de grão comercial em cultivares de feijoeiro. **Ciência Rural**, v. 40, n. 10, p. 2067-2073, 2010.
- CARVALHO, M. A. C. et al. Produtividade e qualidade de sementes de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) sob influência de parcelamentos e fontes de nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, n. 3, p. 617-624, 2001.
- CHIDI, S. N. et al. Nitrogênio via foliar e em cobertura em feijoeiro irrigado. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 24, n. 5, p. 1391-1395, 2002.
- CRUSCIOL, C. A. C. et al. Fontes e doses de nitrogênio para o feijoeiro em sucessão a gramíneas no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 6, p. 1545-1552, 2007.

CRUSCIOL, C. A. C. et al. Efeito do nitrogênio sobre a qualidade fisiológica, produtividade e características de sementes de feijão. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 25, n. 1, p. 108-115, 2003.

CUNHA, P. C. R. et al. Fontes, formas de aplicação e doses de nitrogênio em feijoeiro irrigado sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, n. 1, p. 80-86, 2011.

DIDONET, A. D.; CARVALHO, M. A. de F. Fisiologia. In: GONZAGA, A. C. de O. **Feijão: O produtor pergunta, a Embrapa responde**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2014. p. 31-40.

EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO. **Dados conjunturais da produção de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) e caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) no Brasil (1985 a 2015): área, produção e rendimento**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2016. Disponível em: <<http://www.cnpaf.embrapa.br/socioeconomia/index.htm>>. Acesso em: 18 set. 2017.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solos: dados eletrônicos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230 p.

FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C. Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants. **Advances in Agronomy**, v. 88, p. 97-185, 2005.

FAGERIA, N. K.; STONE, L. F.; SANTOS, A. B. dos; CARVALHO, M. C. S. Nutrição mineral do feijoeiro, 1. ed. **Brasília: Embrapa Informação Tecnológica**, 2015. P. 95-152.

FIORENTIN, C. F. et al. Adubação nitrogenada de cobertura no feijoeiro de inverno-primavera em três sistemas de cultivo. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 1, 2012.

FRIZZONE, J. A.; DOURADO NETO, D. Avaliação de sistemas de irrigação. In: MIRANDA, J. H. PIRES, R. C. M. (Ed). **Irrigação**. Piracicaba: Fundação de Apoio a Pesquisa, Ensino e Extensão, 2003. p. 573-651.

GOMES JÚNIOR, F. G. et al. Nitrogênio no feijoeiro em sistema de plantio direto sobre gramíneas. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 30, n. 3, p. 387-395, 2008.

GOMES JÚNIOR, F. G.; de SÁ, M. E. Proteína e qualidade de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) em função da adubação nitrogenada em plantio direto. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 1, p. 34-44, 2010.

HUNGRIA, M.; VARGAS, M. A. T.; ARAUJO, R. S. Fixação biológica do nitrogênio em feijoeiro. In: VARGAS, M. A. T.; HUNGRIA M. (Ed.). **Biologia dos solos do cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 1997. p. 189-294.

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

MEIRA, F. de A. et al. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio no feijoeiro irrigado cultivado em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 4, p. 383-388, 2005.

NASCENTE, A. S. et al. Nitrogen management effects on soil mineral nitrogen, plant nutrition and yield of super early cycle common bean genotypes. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 39, n. 3, p. 369-378, 2017.

QUINTELA, E. D. et al. **Manejo fitossanitário do feijoeiro**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. 16 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Circular técnica, 73).

RODRIGUES, J. R. de M. et al. População de plantas e rendimento de grãos do feijoeiro em função de doses de nitrogênio e fósforo. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 26, n. 6, p. 1218-1227, 2002.

SANTOS, H. G. dos et al. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353 p.

SILVA, C. C. da; SILVEIRA, P. M. da. Influência de sistemas agrícolas na resposta do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) irrigado à adubação nitrogenada em cobertura. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 30, n. 1, p. 86-96, 2000.

SILVA, M. P. **Espaçamentos entrelinhas e doses de nitrogênio em dois cultivares de feijoeiro irrigado no sistema plantio direto**. 2010. 64 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Sistemas de Produção) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira.

SORATTO, R. P. et al. Nitrogênio em cobertura no feijoeiro cultivado em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, n. 2, 2006.

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

SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. Calagem e adubação para culturas anuais e semiperenes. In: SOUSA, D. M. G. DE; LOBATO, E. 2. ed.. **Cerrado: correção do solo e adubação**. Brasília, DF: Embrapa, 2004. p. 283 - 315.

TEIXEIRA, I. R. et al. Resposta do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Pérola) a diferentes densidades de semeadura e doses de nitrogênio. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 24, n. 2, p. 399-408, 2000.

TIBAU, A. O. **Técnicas modernas de irrigação: aspersão, derramamento, gotejamento**. São Paulo: Nobel, 1976.

VILLALOBOS, R. A. **Estudos sobre adubação nitrogenada da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), na Zona da Mata de Minas Gerais**. 1980. 68 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.