



**ESTIRPES DE RIZÓBIO EFICIENTES NA
PROMOÇÃO DO DESENVOLVIMENTO DO
FEIJÃO-CAUPI**

CRISTINA MEIRA DE JESUS

2018

CRISTINA MEIRA DE JESUS

**ESTIRPES DE RIZÓBIO EFICIENTES NA PROMOÇÃO
DO DESENVOLVIMENTO DO FEIJÃO-CAUPI**

Tese apresentada à universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, como parte das exigências do Programa de Pós- graduação em Agronomia, área de concentração em Fitotecnia, para obtenção do título de Doutor.

Orientador:
D.Sc. Joilson Silva Ferreira

Co-Orientadora:
D.Sc. Vera Lúcia Divan Baldani

VITÓRIA DA CONQUISTA
BAHIA - BRASIL

J56e Jesus, Cristina Meira de.
Estirpes de rizóbio eficientes na promoção do desenvolvimento do feijão-caupi. / Cristina Meira de Jesus, 2018.
143 f.
Orientador (a): D. Sc. Joilson Silva Ferreira.
Tese (doutorado) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Área de concentração Fitotecnia, Vitória da Conquista, 2018.
Inclui referência F. 107 – 109.
1. Feijão-caupi – Cultivo. 2. *Vigna unguiculata* (L.). 3. Eficiência simbiótica. I. Ferreira, Joilson Silva. II. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia Área de concentração Fitotecnia. III. T.

CDD 635.6592

Catálogo na fonte: Juliana Teixeira de Assunção – CRB 5/1890

UESB – Campus Vitória da Conquista – BA

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA – UESB
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
Área de Concentração em Fitotecnia

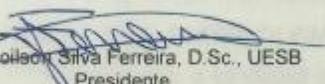
Campus de Vitória da Conquista - BA

DECLARAÇÃO DE APROVAÇÃO

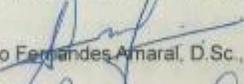
Título: "ESTIRPES DE RIZÓBIO EFICIENTES NA PROMOÇÃO DO DESENVOLVIMENTO DO FEIJÃO- CAUPI".

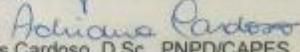
Autor: Cristina Meira de Jesus

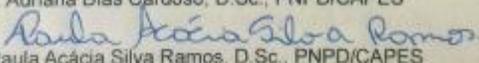
Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de DOUTORA EM AGRONOMIA, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM FITOTECNIA, pela Banca Examinadora:


Prof. João Silva Ferreira, D.Sc., UESB
Presidente


Profa. Maria Aparecida Castellani, D.Sc., UESB


Prof. Cláudio Lúcio Fernandes Amaral, D.Sc., UESB-Jequié


Pesq. Adriana Dias Cardoso, D.Sc., PNP/CAPES


Pesq. Paula Acácia Silva Ramos, D.Sc., PNP/CAPES

Data de realização: 30 de agosto de 2018.

*A meu filho e esposo.
Aos meus pais,
Meus irmãos Lucinha e César.*

Dedico.

AGRADECIMENTOS

À DEUS, por me carregar nos braços e me levantar em todas as quedas, por me ajudar a suportar e retirar todas as pedras que estiveram em meu caminho.

Ao meu filho, que foi meu incentivo e maior desafio nesse doutorado. Agradeço por ter me feito sorrir quando quis chorar, por me dar forças quando não encontrava mais para finalizar essa vitória, a você meu amor incondicional.

À minha mãe, pelo incentivo, amor e confiança, por se esforçar tanto para realização do meu sonho.

Ao meu pai, pelo amor e carinho e que independente de minha escolha, acredita em meu sucesso.

Ao meu irmão César, o que seria de mim sem você. mim. Muito obrigada por tudo!

A minha pequena e querida irmã Lucinha, nós vencemos irmã! Obrigada Lu!

Ao meu amigo, esposo, companheiro Eduardo Sérgio, Obrigada por tudo!

Ao meu amigo e querido orientador Dr. Joilson Silva Ferreira, pelo apoio incentivo, confiança e carinho.

À minha co-orientadora, Dr^a. Vera Lúcia Divan Baldani, pelo apoio, confiança e contribuição na execução deste trabalho.

À minha amiga, Talitta Paiva, Obrigada por tudo! Você foi essencial para a conclusão deste trabalho.

Agradeço a minha companheira e amiga Rayka, que durante seis anos em Conquista sempre esteve pronta a me ajudar, apoiar e incentivar.

Aos estagiários, Derlei, Frankly, Caio e Vitor.

Ao curso de Pós-Graduação em Agronomia (Fitotecnia) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia;

À coordenação e aos professores do Programa de Pós- Graduação em Agronomia (Fitotecnia), pela contribuição;

À FAPESB, pela concessão da bolsa de estudo;

À banca examinadora, pela participação e contribuição;

Aos professores Dr. Otoniel Morais (*in memoriam*) e ao Msc. Divino pelos laboratórios cedidos para realização das análises agronômicas e pelos conselhos.

Aos colegas de Pós-graduação, Raelly, Ariane, Everardes, Joseani, Pablo, Ana Paula, Ubiratan, Leandro, Jefferson, Eduardo, Gabriela, Roberlan, Joelma, Renan, Dena, Mauricio, Ricardo, Rafael, Jhon, Carmem, pelo apoio e amizade.

RESUMO

JESUS, Cristina Meira de. **Estirpes de rizóbio eficientes na promoção do desenvolvimento do feijão-caupi**. Vitória da Conquista - BA: UESB, 2018. 143 p. (Tese - Doutorado em Agronomia, Área de Concentração em Fitotecnia)*

O objetivo deste estudo foi de isolar e selecionar estirpes das cultivares de feijão-caupi, como também de estimar a melhor dose de molibdênio e cobalto eficientes na promoção de crescimento e produção da cultura. O primeiro experimento foi instalado em vasos de forma inteiramente casualizada, disposto em arranjo fatorial duplo 8x4, com combinações de sete estirpes bacterianas, com três doses de nitrogênio (30, 60, 90 kg ha⁻¹) e um controle não inoculado e sem adubação, com quatro repetições. O segundo experimento, realizado em campo, adotou-se o delineamento experimental em blocos casualizados, arranjados em esquema fatorial triplo 2 x 4x 4, sendo utilizada duas cultivares (BRS Guariba e BRS Novaera), três bactérias e três doses de adubação nitrogenada (30, 60, 90 kg ha⁻¹), acrescidos de um controle não inoculado e outro sem adubação nitrogenada. No terceiro experimento, empregou-se o arranjo em esquema bifatorial 4 x 5, com cinco repetições, três estirpes bacteriana e quatro doses de molibdênio-Cobalto (30,60,90,120 mL ha⁻¹) e um controle não inoculado e sem adubação Co-Mo. Distribuídos em vasos de forma inteiramente casualizadas. As características avaliadas foram os componentes de crescimento vegetativo, rendimento e produtividade para ambos os experimentos. Avaliando os três experimentos, pode-se inferir que os rizóbios nativos foram mais eficientes que os de uso comercial e ao tratamento não inoculado. As estirpes que foram mais eficientes neste estudo foram a UESB R1 e UESB R5, quando associadas a cultivar BRS Novaera, essas bactérias demonstraram que podem aumentar o rendimento de produção de grãos e promoção de crescimento e desenvolvimento da cultura, sem adição de grandes quantidades de adubação nitrogenada. E avaliando as doses do Cobalto e molibdênio em função da inoculação, pode-se determinar que as doses intermediárias (60-80 mL ha⁻¹) e dose máxima (120 mL ha⁻¹) permitiram uma maior expressão do potencial de rendimento e crescimento da cultura. Diante do exposto, o estudo das estirpes supracitadas e da ação do Cobalto e molibdênio na atividade das bactérias em função das doses aplicadas, é essencial para o avanço das pesquisas de fixação biológica de nitrogênio em feijão-caupi.

Palavras chave: Adubação, eficiência simbiótica, *Vigna unguiculata* (L.)

*Orientador: Joilson Silva Ferreira, D.Sc., UESB. Co-orientadora: Vera Lúcia D. Baldani, D.Sc., Embrapa

ABSTRACT

JESUS, Cristina Meira. **Rhizobia strains efficient in promoting the development of cowpea.** Vitória da Conquista- BA: UESB, 2018. 143 p. (Thesis - PhD in Agronomy Concentration Area in Plant Science) *

The objective of this study was to isolate and select strains of cowpea cultivars, as well as to estimate the best dose of molybdenum and cobalt effective in promoting growth and crop production. The first experiment was carried out in pots of completely random, arranged in double factorial arrangement 8x4, with combinations of seven bacterial strains, with three nitrogen (30, 60, 90 kg ha⁻¹) and a control uninoculated and unfertilized with four replications. The second experiment was carried out in the field, adopted was the randomized complete blocks, arranged in triple factorial 2 x 4 x 4, being used both cultivars (BRS Guariba and BRS Novaera), three bacteria and three levels of nitrogen fertilizer (30 60, 90 kg ha⁻¹), plus an uninoculated control and one without nitrogen fertilization. In the third experiment, we used arranged in the 4 x 5 factorial design with five replications three bacterial strains and four doses of cobalt-molybdenum (30,60,90,120 mL ha⁻¹) and a control uninoculated and unfertilized Co -Mo. Distributed in pots entirely casualizadas way. The evaluated characteristics were the components of vegetative growth, yield and productivity for both experiments. Assessing the three experiments, it can be inferred that the rhizobia were more efficient than the commercial use and treatment not inoculated. The strains that were most effective in this study were UESB UESB R1 and UESB R5, when combined BRS Novaera, these bacteria showed that can increase grain production and yield promoting growth and development of the crop, without addition of large amounts of nitrogen fertilizer. And evaluating the cobalt and molybdenum doses depending on the inoculation, one can determine that the intermediate doses (60-80 mL ha⁻¹) and maximal dose (120 mL ha⁻¹) allowed a higher expression of growth and yield potential of culture. In view of the foregoing, the study of the abovementioned strains and cobalt and molybdenum action on the activity of bacteria in the applied doses, is essential for the advancement of biological nitrogen fixation research in cowpea.

Key words: Fertilization, symbiotic efficiency, *Vigna unguiculata* (L.)

*Adiviser: Joilson Silva Ferreira, *D.Sc.*, UESB. Coadvises: Vera Lúcia D. Baldani, *D.Sc.*, Embrapa

LISTA DE FIGURAS

Capítulo I: Adubação nitrogenada e inoculação com estirpes de rizóbio em feijão-caupi cv. BRS Novaera.....44

Figura 1.1 – Altura de plantas (A) e diâmetro do colmo de plantas (B) de plantas de feijão-caupi BRS Novaera aos 35 DAE, sob efeito da inoculação de rizobactérias associadas à diferentes doses de N, Vitória da Conquista, BA, 2018.....55

Figura 1.2- Massa seca de parte aérea (A), massa seca de raiz (B) e Eficiência Relativa (C) de plantas de feijão-caupi BRS Novaera aos 35 DAE, sob efeito da inoculação de rizobactérias e diferentes doses de N, Vitória da Conquista, BA, 201858

Figura 1.3- Índice de clorofila (A) e comprimento de raiz (B) de plantas de feijão-caupi BRS Novaera aos 35 DAE, sob efeito da inoculação de rizobactérias e diferentes doses de N, Vitória da Conquista, BA, 2018.....62

Figura 1.4- Número de nódulos (A) e massa seca de nódulos (B) de plantas de feijão-caupi BRS Novaera aos 35 DAE, sob efeito da inoculação de rizobactérias e diferentes doses de N, Vitória da Conquista, BA, 2018.....64

Capítulo II: Contribuição de estirpes de rizóbio e adubação nitrogenada para o desenvolvimento e produtividade do feijão-caupi.....73

Figura 2.1- Altura das cultivares feijão-caupi BRS Novaera e BRS Guariba, aos 50 DAE, sob efeito da inoculação de estirpes bacterianas UESB R1 (A) e UESB R5 (B) associada às diferentes doses de N, observadas em experimento realizado em Vitória da Conquista, BA, 2018.....83

Figura 2.2- Diâmetro do colmo das cultivares de feijão-caupi BRS Novaera e BRS Guariba, aos 50 DAE, sob efeito da inoculação de estirpes bacterianas BR 3262 (A), UESB R1 (B) e UESB R5 (C) associadas à diferentes doses de N, Vitória da Conquista, BA, 2018.....85

Figura 2.3- Massa seca de parte aérea das cultivares de feijão-caupi BRS Novaera e BRS Guariba, aos 50 DAE, sob efeito da inoculação de estirpes bacterianas UESB R1 (A) e UESB R5 (B) e diferentes doses de N, Vitória da Conquista, BA, 2018.....87

Figura 2.4- Número de nódulos das cultivares de feijão-caupi BRS Novaera e BRS Guariba, aos 50 DAE, sob efeito da inoculação de estirpes bacterianas UESB R1 (A) e UESB R5 (B) e diferentes doses de N, Vitória da Conquista, BA, 2018.....89

Figura 2.5- Medição de clorofila das folhas das cultivares de feijão-caupi BRS Nova Era e BRS Guariba, aos 50 DAE, sob efeito da inoculação de estirpes bacterianas BR 3262 (A), UESB R1 (B) e UESB R5 (C) e diferentes doses de N, Vitória da Conquista, BA, 2018.....92

Figura 2.6- Quantidade de vagens por planta nas cultivares de feijão-caupi BRS Novaera e BRS Guariba, por ocasião da colheita, sob efeito da inoculação de estirpes bacterianas UESB R1 (A) e UESB R5 (B) e diferentes doses de N, Vitória da Conquista, BA,2018.....96

Figura 2.7- Comprimento de vagens por planta nas cultivares de feijão-caupi BRS Novaera e BRS Guariba, por ocasião da colheita, sob efeito da inoculação de estirpes bacterianas UESB R1 (A) e UESB R5 (B) e diferentes doses de N, Vitória da Conquista, BA, 2018.....98

Figura 2.8- Número de grãos por vagem nas cultivares de feijão-caupi BRS Novaera e BRS Guariba, por ocasião da colheita, sob efeito da inoculação de estirpes bacterianas BR 3262 (A), UESB R1 (B) e UESB R5 (C) e diferentes doses de N, Vitória da Conquista, BA, 2018.....101

Figura 2.9- Massa de cem grãos das cultivares de feijão-caupi BRS Novaera e BRS Guariba, por ocasião da colheita, sob efeito da inoculação de estirpes bacterianas BR 3262 (A), UESB R1 (B) e diferentes doses de N, Vitória da Conquista, BA, 2018.....103

Figura 2.10 – Produtividade das cultivares de feijão-caupi BRS Novaera e BRS Guariba, por ocasião da colheita, sob efeito da inoculação de estirpes bacterianas BR 3262 (A), UESB R1 (B) e UESB R5 (C) e diferentes doses de N, Vitória da Conquista, BA, 2018.....106

Capítulo III: Nodulação e produtividade do feijão-caupi inoculado em resposta a adubação com molibdênio e cobalto.....118

Figura 3.1- Precipitação pluvial e temperatura máxima e mínima da cidade de Vitória da Conquista –BA no período experimental de dezembro/2017 à Março/2018, registrados pela estação metereologica da UESB.....123

Figura 3.2- Altura (A), massa seca de parte aérea (B), número de nódulos (C) de feijão-caupi inoculado com isolados nativos (UESB R2, UESB R5) e do *Bradyrhizobium* sp. BR 3262, associada a adubação de molibdênio-cobalto, em Vitória Conquista-BA, 2018.....133

Figura 3.3- Comprimento de vagem (A), massa de cem grãos (B) e produtividade (C) de feijão-caupi inoculado com isolados nativos (UESB R2, UESB R5 e UESB R1), associada à adubação com molibdênio-cobalto, Vitória da Conquista-BA, 2018.....135

LISTA DE TABELAS

Capítulo I: Adubação nitrogenada e inoculação com estirpes de rizóbio em feijão-caupi cv. BRS Novaera.....44

Tabela 1.1 - Origem das bactérias utilizadas no feijão-caupi BRS Novaera.....50

Tabela 1.2. Resumo da análise de variância e coeficientes de variação das características: Altura de plantas (ALT), diâmetro do colmo de plantas (DC), massa seca de parte aérea (MSPA), massa seca de raiz (MSR), índice de clorofila (SPAD), comprimento de raiz (CR), número de nódulos (NN) e massa seca de nódulos (MSN); Vitória da Conquista/BA, 2018.54

Capítulo II: Contribuição de estirpes de rizóbio e adubação nitrogenada para o desenvolvimento e produtividade do feijão-caupi.....73

Tabela 2.1- Análise de variância e coeficientes de variação para as variáveis de crescimento e eficiência simbiótica das cultivares de feijão-caupi BRS Guariba e BRS Novaera, em função da inoculação com estirpes nativas e com *Bradyrhizobium* sp. BR 3262, associadas a doses distintas de adubação nitrogenada82

Tabela 2.2 - Análise de variância e coeficientes de variação para as variáveis de produção das cultivares de feijão-caupi BRS Guariba e BRS Novaera, em função da inoculação com estirpes nativas e com *Bradyrhizobium* sp. BR 3262, associadas a doses distintas de adubação nitrogenada.....95

Tabela 2.3- Número de grãos por vagem (NGV) de feijão-caupi das cultivares BRS Novaera e Guariba, em função da inoculação das sementes com estirpes de rizóbios.....99

Tabela 2.4 - Lucro final obtido a partir da produtividade do feijão caupi e a quantidade de nitrogênio gasto para a cultivar BRS Nova Era (cv1) e BRS Guariba (cv2) após inoculação com isolados de rizobactérias.....105

Capítulo III: Nodulação e produtividade do feijão-caupi inoculado em resposta a adubação com molibdênio e Cobalto118

Tabela 3.1 - Características químicas e físicas do solo da camada arável (0-0,20m) para macronutrientes e micronutrientes do solo Latossolo Amarelo Distrófico típico.....125

Tabela 3.2 - Resumo da análise de variância e coeficientes de variação para seis características associadas a cultivar de feijão-caupi BRS Novaera, em função da inoculação com as estirpes bacterianas UESB R1, UESB R2, UESB R5, *Bradyrhizobium* sp. BR 3262, e sob diferentes doses de adubação cobáltica e molíbdica. Vitória da Conquista-BA, 2018.....129

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

°C - Graus Celsius

°S - Latitude Sul

°W - Latitude Oeste

ALT - altura

Atm – atmosfera

BA - Bahia

BPCPs - Bactérias promotoras do crescimento de plantas

Cmolc dm³ - Centimol de carga por decímetro cúbico

FBN - Fixação biológica de nitrogênio

g dm³ - grama por decímetro cúbico

ha - Hectare

Kg - Quilogramas

Kg.ha⁻¹ - Quilogramas por Hectare

mg dm³ - miligrama por decímetro cúbico

N - Nitrogênio

N² - Nitrogênio

NO₃⁻ - Nitrato

NO₂⁻ - Nitrito

NH³ - amônia

NH⁴⁺ - amônio

UESB - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

Ca⁺⁺ - Íon cálcio

Mg⁺⁺ - Íon magnésio

Fe⁺⁺⁺ - Íon ferro

Al⁺⁺⁺ - Íon alumínio

H₂O - Água

P – Fósforo

K – Potássio

Ca – Cálcio

Mg – Magnésio

Al – Alumínio

H – Hidrogênio

Na - Sódio

cmol_c dm⁻³ – Centimol por decímetros cúbico

kg ha⁻¹ – Quilos por hectare

L – litros

BRS – Embrapa

B.O.D – Demanda bioquímica de oxigênio

10⁹ UFC mL⁻¹ – Unidade formadora de colônia por milímetro

SUMÁRIO

1- INTRODUÇÃO GERAL	19
2 - REFERENCIAL TEÓRICO	22
2.1 Importância econômica da cultura do feijão-caupi	22
2.2 Aspectos gerais	24
2.3 Cultivares de feijão-caupi BRS Guariba e BRS Novaera	26
2.4 Fixação biológica de nitrogênio no feijão-caupi	28
2.5 Simbiose entre Leguminosas e rizóbios	30
2.6 Fatores que afetam a nodulação	33
Referências	35
CAPÍTULO I	48
Adubação nitrogenada e inoculação com estirpes de rizóbio em feijão-caupi cv. BRS Novaera	48
ABSTRACT	50
1.1 INTRODUÇÃO	51
1.2 MATERIAL E MÉTODOS	53
1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	57
1.4 CONCLUSÕES	70
Referências	71
CAPÍTULO II	78
Contribuição de estirpes de rizóbio e adubação nitrogenada para o desenvolvimento e produtividade do feijão-caupi	78
RESUMO	79
ABSTRACT	80
2.1 INTRODUÇÃO	81
2.2 MATERIAL E MÉTODOS	83
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	86
2.4 CONCLUSÕES	116
Referências	117
CAPÍTULO III	126
Nodulação e produtividade do feijão-caupi inoculado em resposta a adubação com molibdênio e Cobalto	126
RESUMO	127
ABSTRACT	128
3.1 INTRODUÇÃO	129
3.2 MATERIAL E MÉTODOS	131
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	136
3.4 CONCLUSÕES	147

Referências	148
-------------------	-----

1- INTRODUÇÃO GERAL

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), também conhecido como feijão macassar ou feijão-de-corda tem demonstrado grande importância na alimentação humana devido ao seu valor protéico e por ser rico em aminoácidos, como também serve na diversificação de renda em propriedades rurais (SILVA e outros, 2013).

É uma cultura de extremo valor a população do nordeste brasileiro, e, devido ao alto valor nutricional e protéico de seus grãos, esta fabácea é um dos principais constituintes da dieta alimentar da população (LIMA e outros, 2007).

Originado da África, onde se tem domesticado nas regiões semiáridas desse continente, no qual se encontram as áreas de maior produção, juntamente ao sorgo, milho e milheto, sendo esta uma das principais culturas de subsistência alimentar (FREIRE FILHO e outros, 2005).

No Brasil a área estimada de plantio fica em torno de 2 mil ha, concentrando a maior produção na região nordeste. Contudo, dada as condições de plantio e baixo aporte tecnológico empregados no feijão-caupi, segundo a CONAB, houve uma redução das safras dos anos de 2016/2017 de 416 kg ha⁻¹ para 320 kg ha⁻¹ (2017/2018).

A produção no nordeste quando comparada as demais regiões acaba sendo baixa, pois a produtividade total não equivale ao tamanho da área utilizada. Sendo assim abranger pesquisas que possam maximizar a produção e aproveitamento de toda área plantada com a cultura, são de extrema importância para o estado em nível econômico e social.

A busca em melhoria da produtividade com menores custos e de forma sustentável para os pequenos produtores da região apontou o uso de bactérias fixadoras de nitrogênio como uso de uma tecnologia eficiente e apropriada, visando uma redução ou substituição na adubação de N mineral.

A fixação biológica de nitrogênio (FBN) é uma alternativa para os agricultores de subsistência, já que a adubação mineral não ocorre ou é pouco utilizada por estes. Dados na literatura indicam contribuições superiores a 100 kg ha⁻¹ de quantidade de N₂ fixado, porém estes valores variam em condições de campo, devido a promiscuidade da simbiose entre plantas de caupi e estirpes de rizóbios nativas no solo.

Além disso, trabalhos com aplicação da tecnologia da FBN na cultura de feijão-caupi têm demonstrado aumento da produtividade em sequeiro. Pois quando inoculando com rizóbios a produção pode chegar a incrementos de até 35%, equivalendo à aplicação de 50 kg ha⁻¹ de N mineral (MARTINS e outros, 2003).

É relevante inferir que a disponibilidade de nutrientes é um dos fatores que pode influenciar no sucesso da FBN. Além do nitrogênio, os fornecimentos de micronutrientes como molibdênio e cobalto são necessários para uma melhor resposta da cultura em desenvolvimento e produção.

Haja vista que, o molibdênio é considerado fundamental por ser elemento chave do centro ativo da enzima responsável pela FBN, a nitrogenase. Também, por ser constituinte estrutural da redutase do nitrato, enzima que reduz o NO₃ para que seja assimilado pela planta.

E o cobalto (Co) considerado como elemento benéfico às plantas, pela maioria dos autores e citado como essencial por Malavolta (2006). Tem demonstrado ser essencial para os microrganismos fixadores de nitrogênio nas plantas, pois o Co ativa diversas enzimas, dentre as quais, a isomerase da metilmalonil CoA, a qual participa da biossíntese dos núcleos pirrólicos. Bem como, é parte estrutural da coenzima cobalamina e da vitamina B12 e são responsáveis pela viabilidade e atividade dos nódulos através da síntese da enzima leghemoglobina (FAQUIN, 2005).

Além disso, o genótipo da planta pode ter um papel importante na seleção das bactérias. O feijão-caupi, por exemplo, é uma leguminosa capaz de nodular facilmente com vários tipos de rizóbios, essa promiscuidade acaba desmotivando estudos com seleção de estirpes eficientes a FBN. Logo, a escolha de cultivares adapta as condições edafoclimáticas da região como a BRS Novaera e BRS Guariba, podem facilitar o trabalho na seleção destas estirpes.

Diante do exposto, o desenvolvimento deste trabalho teve como objetivo isolar e selecionar estirpes de rizóbios e genótipos de feijão-caupi eficientes na FBN e avaliar a influência da adubação nitrogenada, móbilítica e cobáltica sobre a nodulação, crescimento e produtividade do feijão caupi.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Importância econômica da cultura do feijão-caupi

O feijão-caupi, é uma leguminosa de grão tropical, que exerce um papel nutricional importante nas regiões mais secas e áreas marginais dos trópicos e subtropicais que cobrem partes da Ásia, Oceania, Oriente médio, sul da Europa, África, sul dos EUA, América Central e América do Sul (FATOKUN e outros, 2000).

Embora ocorra flutuação acentuada, provavelmente ligada às oscilações climáticas comuns nas diversas regiões produtoras, entre os anos de 1994 e 2014, houve um aumento considerável na produção mundial de feijão-caupi, atingindo segundo a FAO (2017) uma produção de 5,6 milhões de toneladas no ano de 2014, sendo semeado em 12,6 milhões de hectares. No entanto, é o continente africano responsável por cerca de 95% da produção mundial.

No Brasil, o feijão-caupi pode ser considerado como o ponto de apoio da agricultura sustentável. Estima-se que, na safra 2016/2017, sua produção atingiu 725,3 mil toneladas de grãos (CONAB, 2017), fazendo com que o país assumira o terceiro lugar entre os maiores produtores mundiais da cultura, superado apenas pela Nigéria (2,5 milhões de toneladas) e Níger (797 mil toneladas).

O cultivo de feijão-caupi no Brasil está concentrado predominantemente no sertão semiárido do Nordeste, em pequenas áreas na Amazônia e tem avançado para a região Centro-Oeste (MENEZES JÚNIOR, 2016). Em função do baixo custo de produção, além dos aspectos nutricionais, a cultura assume papel estratégico, tanto na produção de alimento quanto como gerador de emprego e renda (VIEIRA e outros, 2010).

As estimativas de área cultivada para o Brasil foi de 1388,2 mil ha, com produtividade de 522 kg ha⁻¹ e produção de 725,3 mil t de feijão-caupi, na safra

2016/2017 (CONAB). A região Nordeste é a responsável por quase 80% da área cultivada, entretanto, a produção total, contribui com menos de 60%, evidentemente, em decorrência do baixo aporte tecnológico e irregularidades pluviométricas, o que resulta em produtividade de grãos inferiores (SILVA JÚNIOR e outros, 2014).

Os estados do Mato Grosso e Distrito Federal, localizados na região Centro-Oeste, se destacam, uma vez que, mesmo não apresentando as maiores áreas colhidas atingem a maior produção (Mato Grosso), e a maior produtividade, devido ao uso de maior tecnificação.

A preferência por parte dos agricultores familiares e empresários, quanto à decisão de cultivar o feijão-caupi, está associada a uma série de fatores, tais como: sua diversidade de usos, podendo ser consumido na forma de vagem verde, grão verde e seco, ou no preparo de farinhas; complemento na alimentação animal e no solo como fonte de matéria orgânica (OLIVEIRA JÚNIOR e outros, 2000; VIEIRA e outros. 2000).

Além disso, ele apresenta alta concentração protéica (25%) em sua composição e pouca exigência quanto à fertilidade do solo, o que é incrementado pela sua capacidade de fixar nitrogênio atmosférico, por meio da simbiose com bactérias dos gêneros *Rhizobium* e *Bradyrhizobium* (RIBEIRO, 2002); é pouco exigente em água, quando bem distribuídos durante todo ciclo (ANDRADE JÚNIOR e outros, 2002).

A maior parte da produção de feijão-caupi tem sido comercializada no mercado interno brasileiro, especialmente para a região Nordeste, responsável pelo maior consumo dessa leguminosa. No entanto, nos últimos anos, tem-se verificado a ocorrência de exportações, resultado do avanço da cultura para outras regiões do país, juntamente com empenho de produtores e de algumas empresas, abrindo mais uma alternativa de comercialização para o produtor rural (DAMASCENO-SILVA, 2009).

2.2 Aspectos gerais

O feijão-caupi, comumente conhecido como feijão-macassar, feijão-de-praia, feijão-de-rama, feijão-fradinho ou pelo nome científico de *Vigna unguiculata* (L.), é uma planta Eudicotyledonea (NEVES e outros, 2011).

Pertence ao filo *Magnoliophyta*, classe *Magnoliopsida*, ordem *Fabales*, família *Fabaceae*, subfamília *Faboideae*, tribo *Phaseoleae*, subtribo *Phaseolinae*, gênero *Vigna*, espécie *Vigna unguiculata* (L.) e subespécie *unguiculata* (VERDCOURT, 1970; MARÉCHAL e outros, 1978; SMARTT, 1990; PADULOSI, 1997).

O gênero *Vigna* possui diversas espécies, oscilando de 150 segundo Roberts (1978) e Verdcourt (1970) a 170 de acordo com Faris (1965). A subespécie *unguiculada* é dividida em quatro grupos: *Unguiculata*, *Sesquipedalis*, *Biflora* e *Textilis* (MARÉCHAL e outros, 1978).

No Brasil são cultivados os grupos *Unguiculata* para produção de grão seco e feijão-verde e *Sesquipedalis*, comumente chamado de feijão-de-metro, para produção de vagem (FREIRE FILHO, 2011).

A origem precisa do feijão-caupi ainda é bastante discutida (SARIAH, 2010). No entanto, há um consenso de que sua origem ocorreu no continente africano, haja vista que a maior diversidade da cultura e a presença das formas selvagens desta espécie não terem sido encontradas fora deste continente.

A evolução do feijão-caupi ocorreu em ambientes semiáridos. No Brasil, provavelmente na segunda metade do século XVI, no início da colonização (FREIRE FILHO e outros, 1981). O primeiro local onde foi introduzido no país foi no Estado da Bahia. A partir da Bahia a cultura foi disseminada pelos colonizadores para outras áreas, ocupando-se inicialmente na região Nordeste e Norte, em seguida para as regiões Centro-Oeste e Sul (SOUZA, 2015).

O feijão-caupi é uma leguminosa anual e herbácea, que produz frutos do tipo vagem e dependendo da cultivar, pode apresentar porte maior. O sistema radicular pivotante é bastante desenvolvido e na presença de bactérias do gênero *Rhizobium* permitem assimilação simbiótica de nitrogênio (ZILLI e outros, 2009).

Suas flores são hermafroditas e autógamas. A planta se desenvolve bem em condições de elevadas temperaturas, solos arenosos e consegue tolerar períodos elevados sem irrigação. A propagação é feita essencialmente, por sementes e a semeadura é direta no campo (ARAÚJO e outros, 1988). A germinação é epígea, com cotilédones inseridos no primeiro nó do ramo principal.

As sementes são muito variáveis quanto à forma, tamanho e coloração (dependendo da cultivar), são altamente nutritivas, com 20% a 30% de proteínas, ricas em lisina e outros aminoácidos essenciais. Constituem-se, ainda, em uma excelente fonte de tiamina e niacina e também quantidades significativas de outras vitaminas hidrossolúveis, a exemplo da riboflavina e piridoxina, além de ferro, zinco e fósforo (SILVA e outros, 2002).

O feijão-caupi apresenta metabolismo fotossintético do tipo C₃, saturando-se fotossinteticamente a intensidades de luz relativamente baixas (CARDOSO e outros, 2005). A capacidade fotossintética máxima da folha é alcançada após 20 dias da sua formação, quando ela atinge a sua expansão máxima.

A temperatura e o fotoperíodo exercem influências marcantes na fenologia das espécies vegetais e, muitas vezes, existe estreita interação entre esses dois fatores ambientais. No caso do feijão-caupi, este desenvolve-se em uma faixa de temperatura entre 20°C e 35°C (ARAÚJO e outros, 1988). Da germinação ao final da formação de vagens e granação, o caupi requer

quantidade de água em torno de 650 mm, regularmente distribuídos (OLIVEIRA e CARVALHO, 1988).

No Nordeste brasileiro, o cultivo do feijão-caupi na maioria das vezes está associado às incertezas da agricultura de sequeiros e ao sistema de produção de subsistência em consórcio com outras culturas, embora seja crescente o plantio da cultura em condições de irrigação. (PINHO e outros, 2005).

Há um mercado substancial de feijão caupi a ser explorado em praticamente todos estados brasileiros. Esse fato se constitui de maior importância por representar mais uma possibilidade de exploração para os produtores rurais.

Entretanto, para consolidação e crescimento desse mercado há necessidade de que seja indicado, pelas instituições de pesquisa, as cultivares mais apropriadas para cada estado, ou mesmo, para as áreas específicas dentro do estado.

Deste modo, para que possam ser atendidas as expectativas dos produtores em termos de adaptação, resistência a doenças e pragas, facilidade de manejo e nível de produtividade, bem como as exigências dos consumidores em termos de aspecto visual e qualidade culinária (FREIRE FILHO e outros, 1997).

2.3 Cultivares de feijão-caupi BRS Guariba e BRS Novaera

Na cultura do feijão-caupi, a FBN pode ser uma alternativa, sobretudo para regiões carentes, como o semiárido nordestino. Entretanto, o processo de FBN é influenciado por fatores bióticos e abióticos que comprometem a eficiência simbiótica (HUNGRIA E VARGAS, 2000).

Dentre os fatores bióticos, as características peculiares as cultivares simbiontes afetam a FBN. Assim, para uma mesma espécie a eficiência das estirpes de rizóbios pode depender da cultivar (BRITO e outros, 2011), o que

também indica a possibilidade de otimização das respostas à FBN com o uso de cultivares responsiva a nodulação.

Nesse sentido, tem crescido a demanda por cultivares adaptadas as condições do semiárido nordestino, com alto potencial produtivo e boa aceitação comercial e que apresentem FBN satisfatória. Dentre as cultivares recomendadas para o plantio na região Nordeste destacam-se as cultivares BRS Novaera e BRS Guariba.

Desenvolvidas pela Embrapa Meio-Norte, as cultivares BRS Guariba e BRS Nova era apresentam porte semiereto (FREIRE FILHO e outros, 2008; GONÇALVES e outros, 2009), potencial produtivo acima de 1000 kg ha⁻¹, ciclo precoce (61 a 70 dias) e são adaptados à colheita mecanizada.

A cultivar BRS Nova era é adequada à agricultura familiar e empresarial (FERREIRA e outros, 2015). Apresenta grãos brancos, graúdos e bem formados, no padrão de preferência de uma grande faixa de consumidores, tanto no mercado nacional quanto no mercado internacional.

A cultivar BRS Guariba, por sua vez, apresenta tegumento branco, e resistente a diversas doenças e tem boa adaptabilidade em todo âmbito nacional, sobretudo a região Nordeste e Norte, no qual vem aumentando sua área de produção (MANCUSO e outros, 2016).

Com relação à FBN, diversas pesquisas evidenciaram que tanto a cultivar BRS Novaera, quanto à BRS Guariba são responsivas à nodulação e fixação biológica de nitrogênio (SILVA NETO, 2012; SILVA JÚNIOR e outros, 2014; FERREIRA e outros, 2015). Portanto, com potencial para uso em sistema de produção com baixo nível de insumo, como os adotados pelos agricultores familiares que cultivam o feijão-caupi.

2.4 Fixação biológica de nitrogênio no feijão-caupi

O nitrogênio (N) é o nutriente que, frequentemente, limita as produções agrícolas no Brasil. Na cultura do feijão-caupi, ele assume papel importante na produtividade, uma vez que, além do crescimento e desenvolvimento das plantas, atua na formação e enchimento de grãos, garantindo uma produção rentável (DUTRA e outros, 2012).

A atmosfera contém uma grande quantidade de nitrogênio molecular (N_2), cerca de 80% de sua composição (FRANCO; DOBEREINER, 1988). Porém, este grande reservatório de nitrogênio não está disponível para as plantas. Na natureza, um grupo de microrganismos, denominados diazotróficos ou fixadores de nitrogênio, é capaz de reduzir nitrogênio atmosférico à forma disponível às plantas. Este processo é chamado de fixação biológica de nitrogênio (FBN).

A fixação biológica do nitrogênio (FBN) é uma característica de leguminosas como o feijão-caupi que se associa de forma simbiótica com bactérias fixadoras de N_2 atmosférico (COSTA e outros, 2006; XAVIER e outros, 2007; SILVA NETO, 2012).

O nitrogênio, até então quimicamente indisponível, se torna fisiologicamente e metabolicamente disponível, mesmo em solos deficientes em nitrogênio. Esse processo (FBN) é caracterizado pela conversão do nitrogênio gasoso (N_2) em nitrogênio amoniacal (NH_4), passando à forma disponível as plantas.

As espécies de bactérias fixadoras de nitrogênio nodulíferas em leguminosas têm sido conjuntamente denominadas de rizóbios, sendo que a maioria pertencente à família *Rhizobiaceae* (FREIRE FILHO, 2005). Em virtude da grande heterogeneidade entre as estirpes de rizóbios e a susceptibilidade das

estirpes aos fatores ambientais, essa família é classificada como complexa (GARRITY e HOLT, 2001).

A FBN tem se mostrado indispensável para a sustentabilidade da agricultura brasileira, haja vista que o N fixado pode suprir as necessidades das culturas, dispensando o uso parcial ou total de fertilizantes nitrogenados e oferecendo, assim vantagens econômicas e ecológicas (HUNGRIA e outros, 2007).

Historicamente, o feijão-caupi apresenta baixa produtividade, com média nacional atual de 522 kg ha⁻¹(CONAB, 2017). Diversos autores afirmam que o sucesso da cultura reside na eficiência do processo de FBN, pois para alcançar a produtividade atual de (1, 500 kg ha⁻¹) e potencial da cultura (6,000 kg ha⁻¹) seriam necessários adicionar 300 a 1,200 kg ha⁻¹ de N, inviabilizando economicamente seu cultivo (FARINELLI e outros, 2006).

Nesses trabalhos, foram demonstrados que a inoculação de estirpes bacterianas eficientes é capaz de substituir a adubação nitrogenada de 80 a 240 kg ha⁻¹, na forma de ureia, e aumentar o rendimento de grãos em mais de 30% (PEREIRA BRITO, 2011; ZILLI e outros, 2009).

A FBN é maximizada quando se faz o uso da inoculação, como mostrado em diversas pesquisas. Um bom exemplo é a cultura da soja, que em campo chega ter o aporte de nitrogênio entre 60 % a 90% proveniente da FBN, não sendo recomendados fertilizantes nitrogenados no Brasil (HUNGRIA e outros,1994). Nesse sentido, os esforços para otimizar a tecnologia a FBN no feijão-caupi têm sido a seleção de novas estirpes de rizóbio (ZILLI e outros, 2009; GUALTER e outros, 2011).

Em muitas situações, tem sido equivocadamente indicado para o feijão-caupi o uso de inoculantes recomendados para a cultura da soja, devido à limitada oferta de inoculantes para a própria cultura. Tais pesquisas têm resultado na ampliação da área plantada com feijão-caupi e inoculada por

rizóbio, alcançando segundo as últimas estimativas 114.200 doses de inoculantes disponibilizados comercialmente para a cultura no ano de 2011 (SILVA JÚNIOR, 2012).

Os benefícios da FBN no feijão-caupi incluem além do suprimento de N para o desenvolvimento da planta, o fornecimento de nitrogênio/proteína para alimentação humana, por meio dos grãos, o aporte do nitrogênio também para o solo, por meio de restos culturais, que acabam por contribuir para a elevação da matéria orgânica e fertilidade do solo para a cultura de sucessão (ZILLI e outros, 2009).

2.5 Simbiose entre Leguminosas e rizóbios

Em sistemas agrícolas, a fonte mais importante de nitrogênio (N) fixado biologicamente é por meio da simbiose entre leguminosas e rizóbios (GRAHAM e VANCE, 2003). Devido a uma melhor relação entre os macros e microsimbiontes, esta associação destaca-se das demais por ser mais eficiente no processo de fixação e de maior importância econômica (MOREIRA e SIQUEIRA, 2008).

OS rizóbios ao se associarem com as leguminosas desenvolvem estruturas especializadas chamadas nódulos. A formação destes é um processo complexo que ocorre em várias etapas, envolvendo mudanças morfofisiológicas das bactérias, visando o recebimento de fontes de carbono da planta hospedeira, para disponibilizar ATP e poder redutor necessário a FBN, e, nas plantas almejando assimilar amônia produzida pela bactéria (HUNGRIA e CAMPO, 2005).

Todavia, os macrossimbiontes são representados pelas espécies da família botânica *Leguminosae*. Ela é dividida em três subfamílias, a *Mimosoideae*, com 77 gêneros e 3.315 espécies, a *Caesalpinoideae*, com 169

gêneros e 2.223 espécies e a *Papilionoideae*, com 474 gêneros e 13.890 espécies (DOYLE e LUCKOW, 2003).

As leguminosas estão presentes em diferentes ecossistemas, amplamente distribuídas geograficamente em florestas tropicais, subtropicais e temperadas, desertos, ambientes inundados e montanhas (DOYLE e LUCKOW, 2003; SPRENT, 2007).

As bactérias simbióticas e planta hospedeira desenvolvem um complexo sistema integrado para que se mantenha uma comunicação molecular, para que desta forma ocorra o processo de nodulação. Por meio deste sistema, as bactérias simbióticas que vivem saprofiticamente no solo, conseguem captar sinais químicos liberados pela planta hospedeira, que por quimiotactismo, fazem com que elas sejam atraídas em direção as raízes (DROZDOWICZ, 1991).

O processo de aderência das bactérias aos pelos radiculares das plantas ocorre de forma estável e irreversível, em duas etapas. No início, provavelmente, em sítios específicos as células isoladas aderem à superfície radicular e, por conseguinte, outras bactérias irão aderir as que estão presentes nos pelos radiculares (HUNGRIA e outros, 1997).

Nesta fase, haverá atuação de sinais moleculares de alguns compostos que irão induzir a transcrição dos genes de nodulação *nod*, *Noe*, e *nol* nas bactérias, promovendo a síntese dos fatores Nod (FRIGO, 2013).

Ao se aderirem aos pêlos radiculares, haverá a formação de um cordão de infecção que se alongará até o córtex das raízes, de modo que não haja danos anatômicos ou fisiológicos. Posteriormente, para fixação do nitrogênio, ocorre a proliferação dos rizóbios, que irão sofrer alterações morfofisiológicas, assumindo a forma de bacteroides até completar o ciclo da leguminosa (STRALIOTTO e TEIXEIRA, 2000).

Além disto, nos nódulos, a amônia sintetizada será rapidamente incorporada com íons de hidrogênio (H^+) presentes nas células bacterianas, que

será transformada em íons de amônio (NH_4^+) que, posteriormente, serão distribuídos a planta e incorporados em várias formas de N orgânico, como aminoácido, amidas e ureídos (HUNGRIA, 2001).

O feijão-caupi é capaz de nodular com diversas espécies de bactérias do grupo rizóbios e de estabelecer simbiose com elas. Dentre os gêneros, pode-se incluir a *Azorhizobium*, *Burkholderia*, *Bradyrhizobium*, *Mesorhizobium*, *Rhizobium*, *Sinorhizobium*, entre outros (NEVES e RUMJANEK, 1997; WILLEMS, 2006; ZILLI e outros, 2006; ZHANG e outros, 2007; MOREIRA, 2008).

A capacidade de nodular com diversas espécies de rizóbios dificulta a introdução de novas estirpes selecionadas, o que acaba restringindo a contribuição da FBN para a cultura. Deste modo, a falta de melhoramento genético de cultivares visando a FBN, como também, a falta de seleção de estirpes eficientes e competitivas de rizóbios resulta na promoção de resultados não satisfatórios em condições de campo para FBN, no cultivo da cultura (URQUIAGA e outros, 2006).

Embora o feijão-caupi seja promíscuo, nodulando com vários gêneros de rizóbio, ele tinha até 2004 a estirpe BR2001/SEMIA 6145 (RELARE, 1985) recomendada como inoculante, que foi substituída pelas estirpes UFLA03-84, 21 INPA03 11B e BR 3267 (*Bradyrhizobium japonicum*) na RELARE (2004) (MARTINS e outros, 2003; LACERDA e outros, 2004).

Ainda que, a maior parte dos inoculantes seja comercializada para soja, tem-se observado grande demanda de mercado para outras culturas de interesse econômico, como o feijão-caupi.

2.6 Fatores que afetam a nodulação

Fatores ambientais como deficiência nutricional, acidez do solo, temperatura e estresse hídrico podem comprometer o sucesso da FBN. As deficiências nutricionais das plantas hospedeiras podem afetar diretamente a simbiose prejudicando indiretamente a FBN, pois os nutrientes são fornecidos pela planta hospedeira ao bacteróide. Deste modo, a FBN pode ser afetada, caso haja algum problema na fotossíntese ou na translocação de fotossintatos e nutrientes para o bacteróide (PIMENTEL, 1998).

As condições fisiológicas da planta hospedeira que irá fornecer energia necessária para que a bactéria seja eficiente no processo da FBN, como também a correção do solo é de suma importância para o sucesso da fixação biológica de nitrogênio.

Dentre os macronutrientes requeridos, releva-se a importância no fornecimento de fósforo, no qual sua presença é bastante baixa nos solos tropicais, no qual ele tem efeito marcante na atividade da nitrogenase. Para os micronutrientes, o molibdênio (Mo) é um elemento-chave do centro ativo da nitrogenase, responsável pela transferência final de elétrons para o N_2 (JACOBNETO e FRANCO, 1988).

O molibdênio também irá atuar na redutase de nitrato, responsável pela redução do NO_3 para ser assimilado pela planta. Sendo assim, a sua deficiência irá prejudicar seriamente a fixação biológica de N, o que acaba comprometendo a produtividade dos grãos de feijão-caupi (ALMEIDA, 2008).

Outro fator importante é a acidez do solo, quer seja por toxicidade de alumínio (AL^{+3}) ou manganês (Mn), pois os rizóbios são sensíveis à acidez, sendo necessário realizar levantamento de estirpe a tais condições (FRIGO, 2013). Outro fator que também pode afetar a sobrevivência dos rizóbios no solo

são as altas temperaturas, que irão prejudicar o processo de infecção, formação nodular e a FBN (ALMEIDA, 2008).

As deficiências hídricas também podem se destacar como fator que interfere no sucesso da FBN, visto que, ela tem efeito negativo em diferentes etapas do processo de nodulação e na atividade nodular, além de afetar a sobrevivência dos rizóbios no solo. A ausência de água irá ocasionar a interrupção no transporte dos compostos nitrogenados dos nódulos para a planta, promovendo acúmulo de amônia e produtos finais nos nódulos (CARVALHO, 2002).

Do mesmo modo que, o excesso de água pode contribuir na diminuição da permeabilidade do nódulo, o que acaba limitando o suprimento de oxigênio ao bacterióide, corroborando a restrição da respiração e decréscimo da atividade da nitrogenase (WALSH, 1995).

Sendo assim, selecionar estirpes altamente competitivas por sítios de infecção nodulares, eficientes na fixação de N₂ e aptos as diferentes condições edafoclimáticas são de grande importância para a produção de inoculantes (ALMEIDA, 2008).

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Antônio Luís Galvão de.; **Diagnóstico da fertilidade dos solos cultivados com feijão-caupi e eficiência agrônômica de estirpes de rizóbio para o estado do Piauí.** 2008. 70f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Piauí. Teresina.

ANDRADE JÚNIOR, A. S. *et al.* Níveis de irrigação na cultura do feijão-caupi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, n. 1, p. 17-20, 2002.

ARAÚJO, J.P.P. DE. Melhoramento do caupi no Brasil. In: _____. **O caupi no Brasil.** Brasília, DF: IITA: Embrapa, 1988, p. 249-283.

BRITO, M. M. P.; MURAOKA, T.; SILVA, E. C. Contribuição da fixação biológica de nitrogênio, fertilizante nitrogenado e nitrogênio do solo no desenvolvimento de feijão e caupi. **Bragantina**, v. 70, n. 1, p. 2010.

CARVALHO, E.A. **Avaliação agrônômica da disponibilização de nitrogênio à cultura de feijão sob sistema de semeadura direta.** Piracicaba, 63 p.; 2002.

CARDOSO, M. J.; MELO, F. de B.; LIMA, M. G. de. Ecofisiologia e manejo de plantio. In: _____. **Feijão-caupi: avanços tecnológicos**. Brasília: Embrapa Informação Tecnologia, 2005. p.212-228.

CONAB, Companhia Nacional De Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos: safra 2016/17, décimo levantamento**. v. 4, n. 10. Brasília, DF, 2017. 170 p.

COSTA, E. M. *et al.* Resposta de duas cultivares de feijão-caupi à inoculação com bactérias fixadoras de nitrogênio em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 9, n. 4, p. 489–494, 2014.

DAMASCENO E SILVA, K. J. **Estatística da produção de feijão-caupi**. Brasília: Agência de Informação Embrapa, 2011. Disponível em: http://www.agência.cnptia.embrapa.br/gestor/feijãocaupi/arvore/CONTAG01_16_510200683536.html. Acesso em: 19 de julho. 2018.

DOYLE, J. J.; LUCKOW, M. A. The rest of the iceberg: legume diversity in a phylogenetic context. **Plant Physiology**, v. 131, p. 900-910, 2003.

DROZDOWICZ, A. G. Microbiologia ambiental. In: _____. **Tratado de microbiologia**. Rio de Janeiro: Manole, v. 2, p.1-102,1991.

DUTRA A.S.; BEZERRA, F.T.C.; NASCIMENTO, P.R.; LIMA, D.C.
Produtividade e qualidade fisiológica de sementes de feijão caupi em função da adubação nitrogenada. **Revista Ciência Agronômica**, v.43, n.4, p.816-821,2012.

FARINELLI, R. *et al.* Adubação nitrogenada de cobertura no feijoeiro, em plantio direto e convencional. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 41, n. 2, p. 307-312, 2006.

FAQUIN, V. Nutrição Mineral de Plantas.Lavras: UFLA / FAEPE, p.: il. - Curso de Pós-Graduação “Lato Sensu” (Especialização) a Distância: Solos e Meio Ambiente,2005.

FARIS, D. G. The origin and evolution of the cultivated forms of *Vigna sinensis*. **Canadian Journal of Genetics and Cytology**, Ottawa, v. 7, n. 6, p. 433-452, 1965.

FATOKUN, C. A. et al. Challenges and opportunities for enhancing sustainable cowpea production. In:_____. **World Cowpea Conference Held at The Internacional Institute of Tropical Agriculture**, Ibadan. v.3, p. 4-8, 2000.

FERREIRA, M. M. R.; ARF, O.; GITTIL, D. C.; FERREIRA, L. H. Z.; SILVA, J. C. Reguladores vegetais e nitrogênio em cobertura em feijoeiro de inverno no sistema plantio direto. **Revista Agrarian**, v.6, p.268- 280, 2013.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Crops: cow peas, dry**. Disponível em: <http://www.fao.org/land-water/databases-and-software/crop-information/tomato/en/>. Acesso em: 25 fev. 2017.

FRANCO, A.A.; DOBERENER, J. **Fixação Biológica de Nitrogênio. Ciências agrárias nos trópicos brasileiros**. Brasília, DF, 1988, 54p.

FREIRE FILHO, F. R. *et al.* **Características botânicas e agronômicas de feijão macassar (*Vigna unguicalata* (L.) Walp)**. Teresina: Embrapa – UEPAE, 1981. 45 p.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; BARRETO, P. D.; SANTOS, C. A. A. Melhoramento genético. In: _____. **Feijão-caupi: Avanços tecnológicos**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Teresina: Embrapa Meio Norte, 2005. p. 29-92.

FREIRE FILHO, F.R.; RIBEIRO, V.Q.; ROCHA, M.M.; LOPES, A.C.A. Adaptabilidade e estabilidade da produtividade de grãos de genótipos de caupi

enramador de tegumento mulato. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, p.591-598, 2008.

FREIRE FILHO, F.R.; *et al.*; **Feijão-caupi: produção, melhoramento genético, avanços e desafios**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 81p.; 2011.

FRIGO, Renata Gislane, **Feijão caupi submetido a inoculação com rizóbio e cultivado em latossolo do Cerrado Matogrossense**. 2013.69f. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Mato Grosso. Rondonópolis .

JACOB-NETO, J.; FRANCO, A.A. **Adubação do molibdênio em feijoeiro**. Seropédica: Embrapa-CNPAB, (Comunicado Técnico) 4 p.; 1988.

GARRITY, G.M.; HOLT, J.G. The road map to the Manual. In: _____. **Bergey's manual of systematic bacteriology**. 2ed. New York. Springer-Verlag, v.1, p.119-154, 2001.

GRAHAM, P.H.; VANCE, C.P. Legumes: importance and constraints to greater use. **Plant Physiology**, Rockville, v.131, n.3, p.872-877, 2003.

GONÇALVES, J.G.R.; CHIORATO, A.F.; PERINA, E.F.; CARBONELL, S.A.M. Estabilidade fenotípica em feijoeiro estimada por análise AMMI com genótipo suplementar. **Bragantina**, v.68, p.863-871, 2009.

GUALTER, R. M. R. *et al.* Eficiência agronômica de estirpes de rizóbio em feijão-caupi cultivado na região da Pré Amazônia maranhense. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 3, p. 303-308, 2011.

HUNGRIA, M.; ARAÚJO, R. S. **Manual de métodos empregados em estudos de microbiologia agrícola**. Goiania: Embrapa-CNPAP (Documentos) 542 p.; 1994.

HUNGRIA, M. & STACEY, G. Molecular signals exchanged between host plants and rhizobia: basic aspects and potential application in agriculture. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.19, p.819-830, 1997.

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

HUNGRIA, M.; CAMPO, R.J.; MENDES, I.C. **Fixação biológica do nitrogênio na cultura da soja**. Londrina: Embrapa Soja (Embrapa Soja. Circular Técnica, 35/ Embrapa Cerrados. Circular Técnica, 13). 48 p. ; 2001.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R.J. Fixação biológica do nitrogênio em sistemas agrícolas. In: Recife, PE. **ANAIS: Recife**. UFRPE e Embrapa Solos UEP/Recife, 17 a 22 de julho de 2005.

LACERDA, A.M.; *et al.*; . Efeito de estirpes de rizóbio sobre a nodulação e produtividade do feijão-caupi. **Revista Ceres**, v.51, p.67-82, 2004.

LIMA, C. J. G.S.; OLIVEIRA, F.; MEDEIROS, J. F.; OLIVEIRA, M.K.T.; JÚNIOR, A. B.A. Resposta do feijão-caupi a salinidade da água de irrigação. **Revista Verde**, v. 2, n.2, p.79–86, 2007.

MALAVOLTA, E.; MORAES, M. F.; LAVRES JÚNIOR, J.; MALAVOLTA, M. Micronutrientes e metais pesados - essencialidade e toxidez. In: PATERNIANI, E. (Ed.). **Ciência, agricultura e sociedade**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 403 p.; 2006.

MANCUSO, M. A. C.; AIRES, B. C.; NEGRISOLI, E.; CORRÊA, M. R.; SORATTO, R. P. Seletividade e eficiência de herbicidas no controle de plantas daninhas na cultura do feijão-caupi. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 63, n. 1, p. 25-32, 2016.

MARÉCHAL, R.; MASCHERPA, J. M.; STAINIER, F. Étude taxonomique d'un groupe complexe d'espèces de genres *Phaseolus* et *Vigna* (Papilionaceae)

sur la base de données morphologiques et polliniques, traitées par l'analyse informatique. **Boissiera**, Geneve, v. 28, p. 1-273, 1978.

MARTINS, L.M.; *et al.* ; Contribution of biological nitrogen fixation to cowpea: a strategy for improving grain yield in the semi-arid region of Brazil. **Biology and Fertility of Soils**, v.38, p.333-339, 2003.

MENEZES JÚNIOR, J. A.; CARNEIRO, J. E. S.; MENEZES, V. M. P. S.; CARNEIRO, P. C. S. Genetic potential of segregating populations of red beans conducted by the bulk method with selection. **Genetics and Molecular Research**, v. 15, n. 2, p. 1-10, 2016.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2 ed. Lavras: Universidade Federal de Lavras.UFLA, 2008,729p.

NEVES, A. C.; *et al.*; **Cultivo do feijão-caupi em sistema agrícola familiar**. Teresina: Embrapa: CPAMN, (Circular técnica, 51), 2011, 15p.

NEVES, M.C.P.; RUMJANEK, N.G. Diversity and adaptability of soybean and cowpea rhizobia in tropical soils. **Soil Biology and Biochemistry**, v.29, p.889-895, 1997.

OLIVEIRA, A. P.; *et al.*; Rendimento de feijão-caupi cultivado com esterco bovino e adubo mineral. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 19, n. 1, p. 81-84, 2001.

OLIVEIRA, I.P. & CARVALHO, A.M. **A cultura do caupi nas condições de clima e de solo dos trópicos úmido e semiárido do Brasil**. In: _____. O caupi no Brasil. Brasília, Embrapa, 1988. p.63-96.

PADULOSI, S.; NG, N. Q. **Origin taxonomy, and morphology of *Vigna unguiculata* (L.) Walp**. In: _____. Advances in cowpea research. Ibadan: International Institute of Tropical Agriculture; Tsukuba: Japan International Research Center for Agricultural Sciences, 1997, p. 1-12.

PEREIRA BRITO, M.M.; MURAOKA, T.; SILVA, E.C.da.; Contribuição da fixação biológica de nitrogênio, fertilizante nitrogenado e nitrogênio do solo no desenvolvimento de feijão e caupi. **Bragantina**, Campinas, v.70, n.1, 2011.

PIMENTEL, C. **Metabolismo de carbono na agricultura tropical**. EDUR, UFRRJ, 1998. p.128-129.

PINHO, J. L. M.; TÁVORA, F. G. A. F.; GONÇALVES, J. A. Aspectos ecofisiológicos. In: _____. **Feijão-caupi: avanços tecnológicos**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. p. 193-228.

RIBEIRO, V. Q. **Cultivo do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp)**. Teresina: EMBRAPA Meio-Norte, 2002.

ROBERTS, E. H. *et al.* **Effects of air temperature on seed growth and maturation in cowpea (*Vigna unguiculata*)**. Annals of Applied Biology, Warwick, v. 90, n. 3, p. 437- 446, 1978.

SARIAH, J. E. **Enhancing cowpea (*Vigna unguiculata* L.) production through insect pest resistant line in East Africa**. 2010. 84 f. PhD thesis - Faculty of Life Sciences, University of Copenhagen, Frederiksberg, 2010.

SILVA JÚNIOR, E.B. da; FERNANDES JÚNIOR, P.I.; OLIVEIRA, P.J. de; RUMJANEK, N.G.; BODDEY, R.M.; XAVIER, G.R. Eficiência agrônômica de nova formulação de inoculante rizobiano para feijão-caupi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, p.138-141, 2012.

SILVA JÚNIOR, E. B.; *et al* Nodulação e produção de feijão-caupi em resposta à inoculação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, n. 10, p .804-812, 2014.

SILVA NETO, M. L.; *et al.*; . Compatibilidade do tratamento de sementes de feijão-caupi com fungicidas e inoculação com estirpes de *Bradyrhizobium*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n.1, p. 80-87, 2012.

SMARTT, J. **Grain legumes: evolution and genetic resources**. Cambridge: Cambridge University Press, 1990. 333 p.

SPRENT, J. I. Evolving ideas of legume evolution and diversity: a taxonomic perspective on the occurrence of nodulation. **New Phytologist**. v. 174, p. 11-25, 2007.

STRALIOTTO, R.; TEIXEIRA, M. G. **A variabilidade genética do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L) : aplicações nos estudos das interações simbióticas e patogênicas**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, (Documento, 126). 59p.; 2000.

URQUIAGA, S.; ZAPATA, F. **Manejo eficiente de la fertilizacion nitrogenada de cultivos anuales em America Latina y el Caribe**. Porto Alegre: Gênese, (Embrapa Agrobiologia, CNPAB) 2006. 110 p.

VERDCOURT, B. **Studies in the leguminosae: papilionoideae for the 'Flora of tropical East Africa'**. Kew Bulletin, London, v. 24, p. 507-569, 1970.

VIEIRA, R. F. *et al.* Comportamento do feijão-fradinho na primavera-verão na Zona da Mata de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 07, p. 1359-1365, 2000.

VIEIRA, C.L.; FREITAS, A. D; SILVA, A.F.; SAMPAIO, E.V.; ARAÚJO,MS. Inoculação de variedades locais de feijão macassar com estirpes selecionadas de rizóbio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.11, p 1170- 1175,2010.

XAVIER, T.F.; DE ARAÚJO, A. S. F.; DOS SANTOS, V.B.; CAMPOS; F. L.; Ontogenia da nodulação em duas cultivares de feijão-caupi. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, p.572-575, 2007.

WALSH, K.B. Physiology of the legume nodule and its response to stress. **Soil biology and Biochemistry**, v.27, p.637 – 655, 1995.

WILLEMS, A. The taxonomy of rhizobia: an overview. **Plant and Soil**, v.287, p.3-14, 2006.

ZHANG, W.T.; YANG, J.K.; YUAN, T.Y.; ZHOU, J.C. Genetic diversity and phylogeny of indigenous rhizobia from cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.]. **Biology and Fertility of Soils**, v.44, p.201-210, 2007.

ZILLI, J. E.; *et al.*; Eficiência simbiótica de estirpes de *Bradyrhizobium* isoladas de solo do Cerrado em caupi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, p.811-818, 2006.

ZILLI, J.E.; XAVIER, G.R.; MOREIRA, F.M.S.; FREITAS, A.C.R. &
OLIVEIRA, L.A. Fixação biológica de nitrogênio. In:_____. **A cultura do
feijão-caupi na Amazônia Brasileira**. Boa Vista, Embrapa Roraima, 2009.
p.185-221.

CAPÍTULO I

Adubação nitrogenada e inoculação com estirpes de rizóbio em feijão-caupi cv. BRS Novaera

RESUMO

O objetivo neste trabalho foi isolar, selecionar estirpes de rizóbios e definir doses de nitrogênio compatível com a eficiência da fixação biológica de nitrogênio na promoção de crescimento e desenvolvimento da cultura feijão-caupi. O delineamento experimental empregado foi inteiramente casualizado, com quatro repetições, em esquema bifatorial 8x4, com combinações de sete estirpes bacterianas (UESB R1, UESB R2, UESB R3, UESB R4, UESB R5 e BR 3262 e BR 3267), com três doses de nitrogênio (30, 60, 90 kg ha⁻¹) e um controle não inoculado e sem adubação. Aos 35 dias após estabelecimento do experimento, foram avaliados os seguintes parâmetros: Índice SPAD, altura de plantas, diâmetro do caule, massa seca de parte aérea e raiz, comprimento de raiz, número e massa seca de nódulos. Diante das análises dos dados, observou-se que os rizóbios nativos foram eficientes em incrementar os teores das variáveis de crescimento da cultura do feijão-caupi BRS Novaera. Os rizóbios testados estimularam o crescimento do feijão-caupi, possibilitando diminuir as doses de nitrogênio aplicadas nessa cultura quando utilizadas as estirpes nativas UESB R1 e UESB R5, proporcionando incrementos nas características avaliadas superiores ao controle.

Palavras-chave: *Vigna unguiculata* (L.), inoculante, promoção de crescimento.

ABSTRACT

The objective of this work was to isolate, select strains of rhizobia and set nitrogen levels compatible with the efficiency of biological nitrogen fixation in growth promotion and development of cowpea culture. The experimental design was a complete randomized design with four replications in a factorial scheme 8x4, with combinations of seven bacterial strains (UESB R1,UESB R2,UESB R3,UESB R4,UESB R5, BR 3262 and BR 3267) with three doses of nitrogen (30, 60, 90 kg ha⁻¹) and a control uninoculated and without fertilization. At 35 days after establishment of the experiment, the following parameters were evaluated: SPAD index, plant height, stem diameter, shoot dry weight and root, root length, number and nodule dry weight. On the data analysis, It is noted that the rhizobia were effective in increasing the levels of growth parameters of the culture cowpea Novaera BRS. The rhizobia tested stimulated the growth of cowpea, making it possible to reduce the nitrogen doses applied in this crop when using the native strains UESB R1 and UESB R5, providing increases in the evaluated characteristics superior to the control.

Key words: *Vigna unguiculata* (L.) inoculants, growth promotion.

1.1 INTRODUÇÃO

O feijão-caupi possui uma vasta distribuição em cultivo na região Nordeste, contudo, em decorrência do baixo nível tecnológico, a cultura não consegue expressar em potencial sua produção. Mesmo sendo adaptas as condições ambientais tropicais e subtropicais (FREIRE FILHO e outros, 2011).

Como forma de elevar a produtividade e diminuir custos de produção, estudos, envolvendo associações do feijão-caupi com estirpes eficientes de rizóbios, têm sido importantes na obtenção de respostas em produtividade e acúmulo de nitrogênio na planta de acordo com as condições ambientais (RUMJANEK e outros, 2005; MELO e ZILLI, 2009; FERNANDES JÚNIOR e outros; 2009).

A inoculação de rizóbios pode proporcionar benefícios diretos e indiretos para cultura. Seja através da modificação da microbiota da rizosfera, promovendo a supressão de microrganismos deletérios a essa região, bem como na disponibilização de nutrientes que nem sempre estão prontamente disponíveis a planta, cuja ação das bactérias tem sido atribuída às suas propriedades quelantes, que possibilitam a formação de complexos estáveis com íons Ca^{++} , Mg^{++} , Fe^{+++} e Al^{+++} . Devido a esses fatores benéficos esses microrganismos, são chamados de Rizobactérias promotoras de crescimento em plantas (PGPRs).

Os benefícios promovidos por estas rizobactérias são inúmeros, podendo destacar como de maiores relevâncias: o aumento na germinação de sementes, o incremento no crescimento de raiz, colmos e caules, além de contribuir na expansão do número de folhas, flores e área foliar. Esses fatores resultam em maior rendimento das culturas em casa de vegetação e no campo (RODRIGUES e outros, 2012).

Entretanto, a promiscuidade das estirpes de rizóbios dificulta a introdução de estirpes selecionadas, limitando a contribuição potencial da

fixação biológica de nitrogênio no feijão-caupi. Como também, a eficiência da FBN pode ser diretamente afetada de acordo com a estirpe, cultivar e o uso de inoculantes adaptados a fatores ambientais e de solo (MARINHO e outros, 2014).

Desta forma a seleção de estirpes, é imprescindível para difusão de uma tecnologia de baixo custo que possa substituir ou reduzir o uso de fertilizantes nitrogenados. No sudoeste da Bahia, entretanto, o uso de inoculantes no feijão-caupi é pouco difundido, necessitando de estudos para avaliar a eficiência simbiótica e agrônômica de estirpes de rizóbios nas condições climáticas e de solo da região.

Assim, este trabalho teve por objetivo O objetivo neste trabalho foi isolar, selecionar estirpes de rizóbios e definir doses de nitrogênio compatível com a eficiência da fixação biológica de nitrogênio na promoção de crescimento e desenvolvimento da cultura feijão-caupi.

1.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em casa de vegetação, no Campus da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), localizado no município de Vitória da Conquista, Bahia, situado a 928 metros de altitude, com as seguintes coordenadas geográficas: 14°51`Sul e 40°50`Oeste.

O solo utilizado é do tipo franco-argilo-arenoso, coletado na área experimental da UESB, proveniente do horizonte A de um Latossolo Amarelo típico, profundidade 0-20 cm. As amostras foram levadas para o laboratório de solos da UESB para análise de rotina.

Os resultados da análise química indicaram: pH H₂O = 6,6; P = 15 mg dm⁻³, K = 117 mg dm⁻³, Ca = 7,9 cmol_c dm⁻³, Mg 1,3 mg dm⁻³, Al = 0,0 cmol_c dm⁻³, H = 1,5 cmol_c dm⁻³, Na = 0,07 cmol_c dm⁻³. Para as correções do solo, foram seguidas as recomendações segundo a Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (ALVAREZ V. e RIBEIRO, 1999).

Para o fornecimento de N utilizou-se como fonte a uréia, parcelada em duas aplicações, sendo uma no plantio e a outra vinte dias após emergência das plantas (DAE). Todos os tratamentos receberam adubação fosfatada (P₂O₅) e potássica (K₂O) na dose de 60 e 20 kg ha⁻¹ utilizando como fonte o superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente.

Os vasos utilizados tinham capacidade de 18 l, nos quais foram acondicionados o solo e avaliada sua capacidade de campo, após plenamente saturado e deixado drenar livremente por um período de tempo de um a três dias em condições de campo (VEIHMEYER e HENDRICKSON, 1931).

O delineamento experimental empregado foi inteiramente casualizado, com quatro repetições, em esquema bifatorial 8x4, com combinações de sete estirpes bacterianas, com três doses de nitrogênio (30, 60, 90 kg ha⁻¹) e um controle não inoculado e sem adubação.

O genótipo de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) utilizado, foi o BRS Nova Era, adquirido na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), no ano de 2016.

Para a produção do inoculante, dois rizóbios foram obtidos da coleção de culturas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) e os outros foram rizobactérias isoladas do feijão-caupi na UESB, campus Vitória da Conquista - BA (Tabela 1.1).

Tabela 1.1- Origem das bactérias utilizadas no feijão-caupi BRS Novaera

Bactérias	Estirpe	Local de origem e referência
<i>Bradyrhizobium sp.</i>	BR 3262	SIPA, Seropédica-RJ (ZILLI e outros, 1999)
<i>Bradyrhizobium sp.</i>	BR 3267	Semi-Árido Nordestino (MARTINS e outros, 1996)
UESB R1	Isolado nativo	UESB – Vitória da Conquista – BA
UESB R2	Isolado nativo	UESB – Vitória da Conquista – BA
UESB R3	Isolado nativo	UESB – Vitória da Conquista – BA
UESB R4	Isolado nativo	UESB – Vitória da Conquista – BA
UESB R5	Isolado nativo	UESB – Vitória da Conquista – BA

Para o isolamento das bactérias, foram utilizadas plantas de feijão-caupi cultivadas no campo da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB, sem o uso de qualquer tipo de insumo. Em laboratório, os nódulos foram destacados das raízes e imersos em álcool etílico a 70%, por conseguinte, em solução de hipoclorito de sódio, por um minuto cada.

Após realização da tríplex lavagem com água destilada, os nódulos foram macerados em cadinho com auxílio de um pistilo, ambos esterilizados.

Com uma alça de platina, o extrato obtido foi espalhado em placa de petri contendo o meio de cultura 79 sólidos, com indicador vermelho-congo (DÖBEREINER e outros, 1999).

Em seguida, as placas foram incubadas por sete dias em BOD a 30°C, para crescimento das colônias bacterianas, após esse período, elas foram repicadas até a obtenção de material puro. O preparo do inoculante foi realizado a partir da obtenção de uma colônia pura do isolado de cada estirpe.

Para certificar a concentração de células constituinte de cada bactéria, foi realizada a leitura da densidade ótica em espectrofotômetro com comprimento de onda de 540 nm, sendo ajustas para 10^9 UFC mL⁻¹, seguindo a recomendação do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2011).

A inoculação foi realizada 30 minutos antes da semeadura, através da mistura das sementes em uma proporção de 1 ml de inoculante para 1.000 sementes. Após a semeadura, foi realizado o desbaste (15 dias DAE), mantendo duas plantas por vaso.

Aos 35 dias após estabelecimento do experimento, com as plantas ainda estabelecidas nos vasos, foi mensurado o índice SPAD (Soil Plant Analyzer Develop) utilizando-se um clorofilômetro portátil (SPAD-502 Plus Medidor de Clorofila). A altura (ALT) foi mensurada com auxílio de uma régua e o diâmetro (DM) das plantas com paquímetro.

Posteriormente, as plantas foram coletadas e as raízes foram separadas da parte aérea na base do caule, medidas seu comprimento com auxílio de régua. Os nódulos presentes nas raízes foram destacados e contados.

Após avaliações supracitadas a biomassa vegetal, raiz e nódulos, foram colocados para secar em estufa a 65°C por 72 horas para obtenção da massa seca de parte aérea (MSPA), de raiz (MSR) e de nódulos (MSN).

Para avaliar a eficiência relativa das estirpes, os dados de massa seca de parte aérea foram aplicados a seguinte fórmula: $EFR = (MSPA \text{ inoculada}) * 100 / (MSPA \text{ da planta adubada com N mineral})$.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste Scott- Knott e análise de regressão a 5% de probabilidade, com auxílio do *software* Sisvar 5.3 (FERREIRA, 2011).

1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise de variância das características do feijão-caupi avaliadas encontram-se na Tabela 1.2. Os resultados obtidos indicam que para todas as características sob análise, houve efeitos significativos ($P < 0,05$) para bactérias (BAC), doses (D) e interação entre bactérias x doses de nitrogênio (B x D). Esses resultados permitem concluir um comportamento diferenciado das estirpes bacterianas utilizadas e das diferentes doses de nitrogênio.

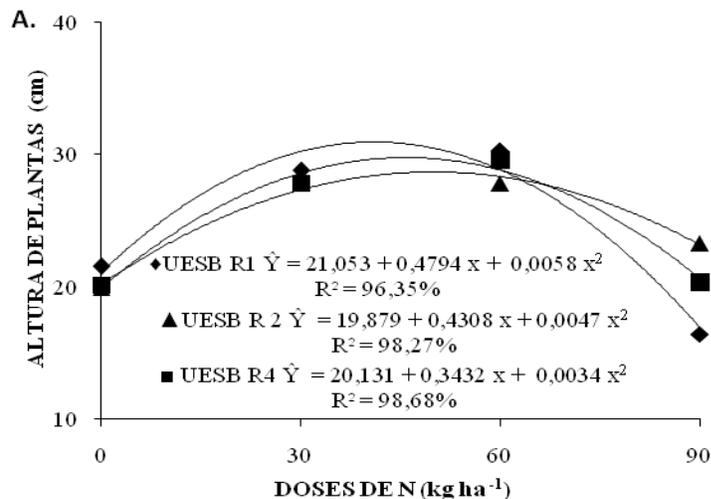
Verificou-se, ainda elevada precisão no controle ambiental uma vez que os coeficientes de variação experimental (CV) foram abaixo de 20% para todas as características, oscilando de 5,72% para SPAD a 13,5% para MSR (CRUZ e outros 2004) (Tabela 1.2). Resultados distintos foram obtidos por Zilli e outros (2009) ; Zilli e outros (2011) e Silva (2015), que apresentaram estimativas elevadas para CV para as mesmas características avaliadas.

Tabela 1.2. Resumo da análise de variância e coeficientes de variação das características de : ^{2/}Altura de plantas (ALT), diâmetro do colmo de plantas (DC), massa seca de parte aérea (MSPA), massa seca de raiz (MSR), índice de clorofila (SPAD), comprimento de raiz (CR), número de nódulos (NN) e massa seca de nódulos (MSN);Vitória da Conquista/BA, 2018.

F.V.	G.L.	Quadrados médios							
		^{2/} ALT	DC	MSPA	MSR	SPAD	CR	NN	MSN
^{1/} Bac (B)	7	105,31 *	2,22 *	288,35 *	1,29 *	171,28 *	693,09 *	2619,07 *	2867754 *
^{3/} Doses (D)	3	425,05 *	0,54 *	356,48 *	0,89 *	833,49 *	23,81	29769,28 *	737332 *
B x D	21	23,72 *	1,12 *	122,24 *	0,85 *	152,32 *	301,11 *	2401,30*	70173 *
Resíduo	96	3,59	0,21	6,61	0,21	15,62	11,57	16,9	1699
CV (%)		8,33	8,54	10,86	13,5	5,72	11,13	10,95	8,54

* significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; ^{1/} BAC: Bactérias; ^{3/} DOSES: 0,30,60 e 90 kg ha⁻¹

No estudo do crescimento e desenvolvimento do feijão-caupi, considerando que ALT, DC, MSPA e MSR atuam como um bons indicadores de evolução da cultura (SOUTO e outros., 2009). Verificou-se que, para ALT, o ajuste de regressão foi quadrático em três estirpes bacterianas. A função ajustada teve valores máximos de 30,95 cm (UESB R1), 29,60 cm (UESB R2) e 28,97 cm (UESB R4), sob as doses de 41,32; 50,47 e 45,82 kg ha⁻¹ de N, respectivamente (Figura 1.1a). Esses resultados estão abaixo das médias obtidas por Oliveira e outros (2012); Locatelli e outros (2016), que obtiveram valores acima de 50,00 cm. No entanto, os valores de altura obtido neste trabalho esta dentro dos padrões para realização da colheita mecanizada.



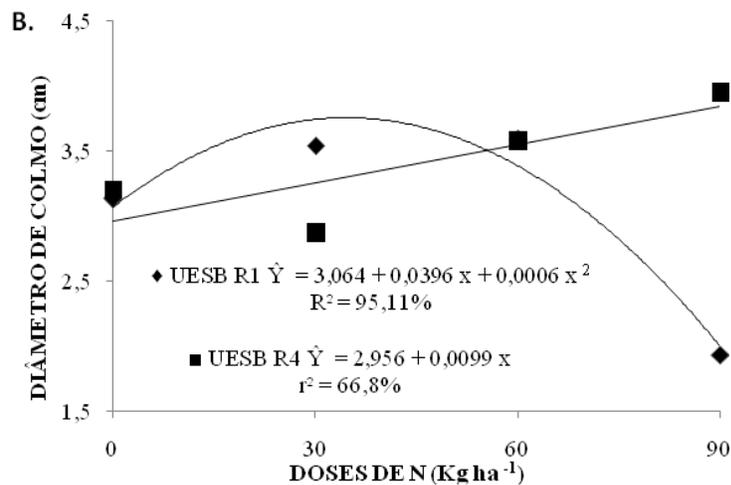


Figura 1.1 – Altura de plantas (A) e diâmetro do colmo de plantas (B) de plantas de feijão-caupi BRS Novaera aos 35 DAE, sob efeito da inoculação de rizobactérias associadas à diferentes doses de N, Vitória da Conquista, BA, 2018.

Araujo e outros (2001), avaliando os efeitos de N e P em leucena inoculada com *Rhizobium* sp., observaram que a adubação nitrogenada acima de 20 kg ha⁻¹ prejudicou a FBN, constatando que o fornecimento de N mineral em excesso desfavoreceu a simbiose e resultou em menor altura de plantas.

Esses resultados corroboram com o presente trabalho, uma vez que, as maiores doses de N acarretaram em menor altura de plantas (Figura 1.1a). Do mesmo modo que, Osorio Filho e outros (2016) também observaram melhor desenvolvimento de plantas de arroz, quando associadas à rizóbios nas menores doses de nitrogênio.

Coutinho e outros (2014) e Rodrigues e outros (2012) também verificaram a influência da inoculação de estirpes bacterianas e adubação de N em caupi, quando comparadas a testemunha sem inoculação e sem adubação nitrogenada.

Entretanto, alguns trabalhos com o uso de inoculantes rizobianos (CARVALHO, 2006; BRITO e outros, 2011) também destacam a necessidade da aplicação de pequenas quantidades de N, denominadas de “doses de

arranque”, na forma de adubações realizadas na semeadura. O que também pode ser confirmado no presente experimento, uma vez que na ausência de adubação nitrogenada, houve uma menor altura de plantas, independente da estirpe inoculada (Figura 1.1a).

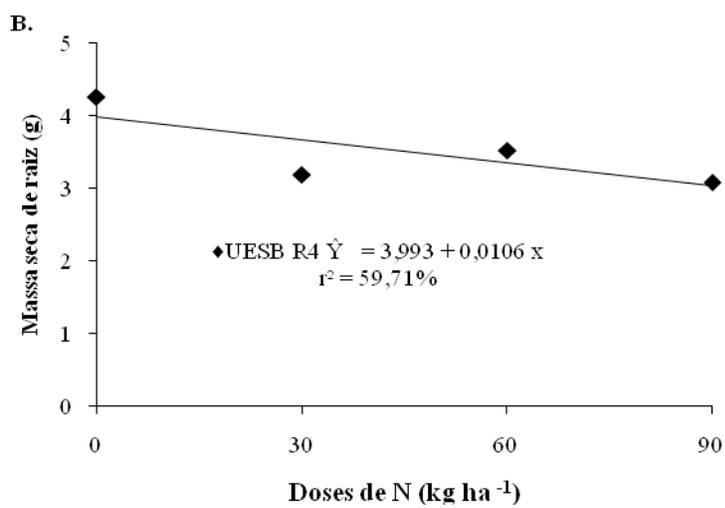
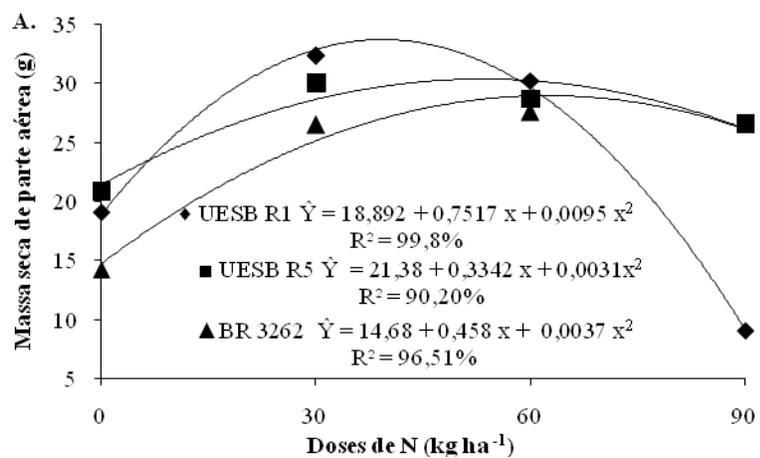
O modelo polinomial que se ajustou ao comportamento do DC, em função da estirpe bacteriana foi o quadrático para a UESB R1, que apresentou máximo valor de 3,71 cm quando submetida a dose de 33 kg ha⁻¹ de N. Por outro lado, a UESB R4 apresentou ajuste linear, assim a cada kg ha⁻¹ de N disponibilizados no sulco de semeadura houve um incremento no diâmetro de 0,0099 cm na planta (Figura 1.1 b).

Esses resultados divergem dos obtidos por Schossler e outros (2016) em estudos com feijão comum, onde não foram detectadas diferenças no diâmetro das plantas quando inoculadas com diferentes estirpes de bactérias fixadoras de nitrogênio.

Cabe salientar que o diâmetro do colmo está diretamente relacionado com o aumento da produtividade, uma vez que atuam no armazenamento de sólidos solúveis que serão utilizados na formação dos grãos (FANCELLIE e DOURADO, 2000), logo se vierem a ser submetidas a fatores de stresse, podem acabar comprometendo a produção e translocação de fotoassimilados durante a fase de enchimento de grãos.

Desta forma, a atuação das rizobactérias irá promover um aumento da resistência das plantas ao stresse e proteção a fitopatogênicos que poderiam estar comprometendo o seu melhor desempenho, já que através da inoculação e adubação apropriadas, obterão colmos mais fortes e resistentes a fatores bióticos e abióticos.

Analisando os teores de massa seca de parte aérea, observa-se que os resultados obtidos mostraram que o uso dos isolados possibilitou uma boa produção de massa seca (Figura 1.2 a).



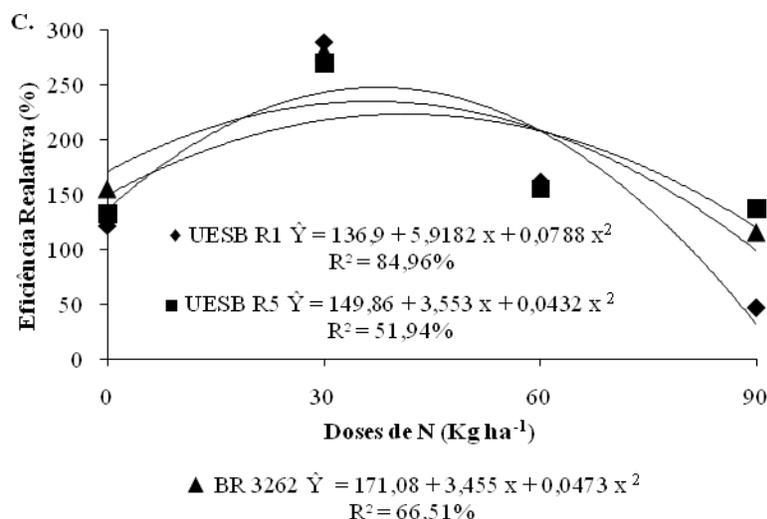


Figura 1. 2 - Massa seca de parte aérea (A), massa seca de raiz (B) e Eficiência Relativa (C) de plantas de feijão-caupi BRS Novaera aos 35 DAE, sob efeito da inoculação de rizobactérias e diferentes doses de N, Vitória da Conquista, BA, 2018.

Constatou-se ajuste significativo ($p \leq 0,05$) dos dados a um modelo polinomial quadrático para os isolados UESB R1, UESB R5 e BR 3262, que permitiu estimar os valores de MSPA máximo (33,70, 35,36 e 28,94 g) que seria obtida teoricamente com as doses de 39,40, 53,40 e 62,30 kg ha⁻¹ de N, respectivamente (Figura 1.2 b).

Observa-se que a inoculação com o isolado nativo UESB R1 no feijão-caupi, foi a que proporcionou um maior incremento de produção de biomassa vegetal (86,76%) quando associado a menor dose de N (30 kg ha⁻¹) e quando comparada ao controle. O incremento verificado neste estudo foi superior aos encontrados em outros trabalhos com feijão-caupi (QUADROS, 2009; DARTORA e outros, 2013, MARTINS e outros, 2013).

Avaliando as respostas positivas em incrementos para as variáveis de altura, diâmetro e massa seca de parte aérea das plantas submetidas a inoculação, pode-se atribuir à produção de fito-Hormônios pelas bactérias, como giberelinas,

auxinas e citocininas (RADWAN e outros, 2004; MOREIRA e outros, 2010). Em resposta a planta irá aumentar o comprimento radicular e produção de raízes laterais que irão aumentar a superfície de absorção de nutrientes e água para a planta, resultam em maior crescimento, desenvolvimento e produtividade.

Quanto à produção de massa seca de raiz (MSR) avaliando o comportamento do isolado UESB R4, pode-se inferir que a adubação nitrogenada reduziu linearmente a MSR, obtendo o máximo de massa (4,26 g) quando atingido o ponto máximo em zero de aplicação de nitrogênio (Figura 1.2). Esse valor de produção de massa seca de raiz em feijão caupi, foi superior ao encontrado por Chagas Júnior e outros, (2010).

Diante dos resultados de acúmulo de biomassa de parte aérea e raiz, observa-se que doses elevadas de N mineral desfavoreceu o processo de simbiose entre planta e rizóbio. Os incrementos verificados para essas variáveis foram maiores nas menores doses de nitrogênio ou em sua ausência, quando associados com bactérias, demonstrando dessa forma, o efeito de toxicidade do N mineral ao bom desempenho das estirpes.

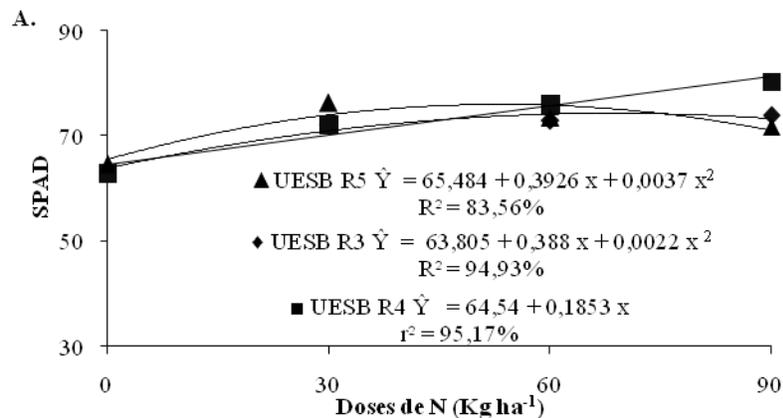
Para EFR as estirpes que se destacaram como melhores foram UESB R1 (247,99%), UESB R5 (233,01%) e BR 3262 (234,19%). As doses estimadas de N para esses incrementos foram de 37,55; 41,14 e 36,53 kg ha⁻¹, respectivamente (Figura 1.2 c).

De modo similar ao presente estudo, outros trabalhos têm relevado a contribuição das bactérias em EFR quando comparadas aos tratamentos com adubação nitrogenada não inoculadas (CHAGAS JÚNIOR e outros, 2010; MARTINS e outros, 2013). No entanto, o uso do isolado nativo UESB R1 foi superior as estirpes estudadas por esses autores, podendo atribuir esse fato a uma boa simbiose com a cultivar BRS Nova Era que permitiu com que essa bactéria expressasse seu máximo potencial em FBN e promoção de crescimento e desenvolvimento da cultura.

O índice de clorofila (SPAD) é considerado uma alternativa viável para avaliar o estado de N da planta em tempo real, devido significativa correlação entre a intensidade do verde e o teor de clorofila com a concentração de N na folha, conforme observado por Barbosa e outros (2008) em feijão comum e Silva e outros (2010) em feijão-caupi. Desse modo, já que o N faz parte da molécula de clorofila, quanto maior a presença do mesmo, certamente maiores sínteses de clorofila.

O resultado das análises de regressão para índice de clorofila (SPAD) ajustou a equação ao modelo polinomial quadrático para os isolados UESB R3 e UESB R5. Para que essas bactérias possam promover valores máximos de leituras de clorofila nas folhas (74,41% e 76,12%) deve-se aplicar as doses de 68,70 e 53,29 kg ha⁻¹ de N, respectivamente.

No entanto, o isolado UESB R4 respondeu de forma linear crescente, obtendo valores máximos de clorofila na dose máxima de nitrogênio (Figura 1.3 a).



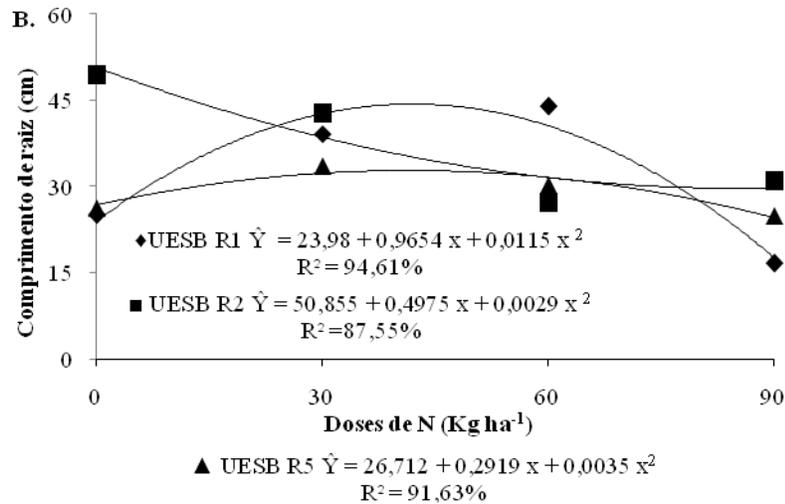


Figura 1.3. Índice de clorofila (A) e comprimento de raiz (B) de plantas de feijão-caupi BRS Novaera aos 35 DAE, sob efeito da inoculação de rizobactérias e diferentes doses de N, Vitória da Conquista, BA, 2018.

Os índices de clorofila para feijão-caupi obtidos neste trabalho são compatíveis aos obtidos por Silva e outros, (2016), e superiores aos índices de clorofila encontrados em feijão-comum (SANT'ANA e outros,2010). Entretanto, é preciso considerar que as características nos trabalhos acima citados foram mensuradas aos 52 DAE, e no presente estudo aos 35 DAE.

Silva e outros 2016 demonstram em seus trabalhos que o acréscimo do valor SPAD possui uma estreita relação entre a intensidade de cor verde da planta, refletindo a maior absorção de N, a maior síntese de clorofila e o aumento da atividade fotossintética, e permitirá prevê um acréscimo da produtividade.

Para variável comprimento de raiz, observa-se que houve uma tendência dos dados em se ajustar a um comportamento quadrático para três bactérias.

De acordo com o modelo, as doses de nitrogênio a serem utilizadas para se obter a expressão máxima em potencial de crescimento de raiz associadas as estirpes são de : 41, 99 kg ha⁻¹ para UESB R1 (41,20 cm); 41,68 kg ha⁻¹ para UESB R5 (32,94 cm) e para o isolado UESB R2 atingir seu ponto máximo, não necessita de aplicação de N (Figura 1.3b).

Esses resultados podem ser atribuídos a capacidade produtora de AIA dessas bactérias, pois esta auxina atua principalmente na formação de raízes laterais e de pelos radiculares, permitindo desta forma uma maior absorção de nutrientes e água pela planta, além de propiciarem a alongação das células vegetais (CLELAND, 2010).

As diferenças na eficiência de FBN entre estirpes são resultados do número e da quantidade de tecido de nódulos formados (DOBEREINER, 1966). Assim, o NN e a MSN devem ser usadas como indicadores na seleção de cultivares e/ou pares de simbioses a maior susceptibilidade à infecção por bactérias do gênero *Rhizobium* (STAPLES; TOENNIESSEN, 1981).

Experimentos em condições controladas têm apresentado valores adequados para NN e MSN em feijão-caupi. Estimativas de NN superiores a 20/planta e MSN a 100 mg planta⁻¹ têm sido considerados suficientes para garantir o adequado desenvolvimento de culturas como a soja, feijão comum e feijão-caupi (CAMPOS, MENDES, 2007).

O NN e a MSN apresentaram, sem adubação nitrogenada, valores máximos, por meio das equações de regressão, de 78, 132 e 137 n planta⁻¹ (respectivamente UESB R5, UESB R1 e UESB R2 e de 807,93, 907,79 e 1034,60 mg planta⁻¹ (respectivamente UESB R5, UESB R4 e UESB R1) (Figuras 1.4 a e b).

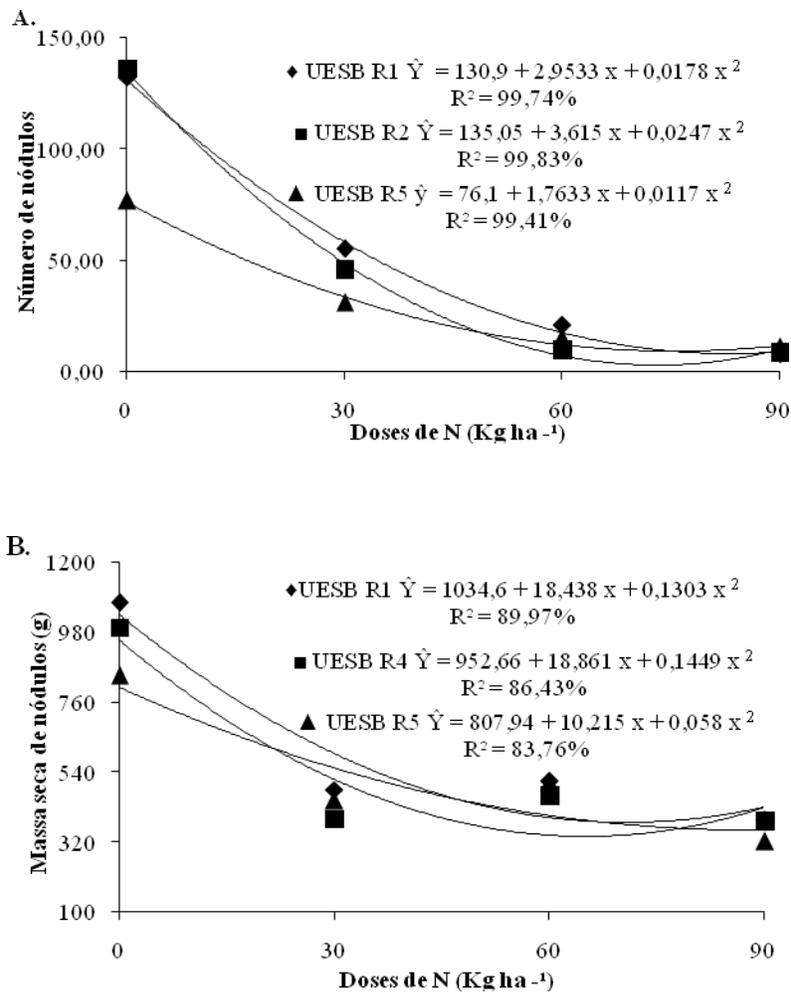


Figura 1.4. Número de nódulos (A) e massa seca de nódulos (B) de plantas de feijão-caupi BRS Nova era aos 35 DAE, sob efeito da inoculação de rizobactérias e diferentes doses de N, Vitória da Conquista, BA, 2018.

Ressalta-se, que a medida que houve um aumento no teor de N a curva foi decaindo em incremento de NN e MSN, confirmando, assim, o papel inibidor do excesso de N mineral na formação de nódulos e acúmulo de massa seca do feijão-caupi.

Tais resultados concordam com os obtidos por Silva e outros, (2009), que ao avaliarem a inoculação do feijão com a estirpe de *Rhizobium tropici* associadas a doses de nitrogênio, observaram que quanto mais N mineral disponível no substrato de crescimento da leguminosa menor era a nodulação e a massa seca de nódulos reduzindo a medida que aumentava as doses de N.

Considerando que atividade microbiana no solo sofre influência de fatores bióticos e abióticos, pode-se inferir que a interação dos isolados nativos com feijão-caupi, foi favorável para obtenção de respostas positivas e superiores destas bactérias em relação as indicadas para o feijão-caupi. Haja vista, que ela por ser nativa da região esteja mais adaptada as condições ambientais submetidas.

Associando-se os resultados de eficiência simbiótica e de nodulação, os isolados nativos apresentam características potenciais para produção de inoculantes para feijão-caupi no sudoeste da Bahia.

A cultura tem tido avanços científicos e técnicos importantes na região. No entanto, é necessária avaliação da contribuição da fixação de N, avaliação de outras cultivares e a produtividade de feijão-caupi por meio de teste de campo.

1.4 CONCLUSÕES

- 1- Os rizóbios estudados estimulam o crescimento do feijão-caupi BRS Novaera, possibilitando a redução ou substituição da adubação nitrogenada.
- 2- Os isolados nativos UESB R1 e UESB R5 foram eficientes em promover o desenvolvimento e crescimento da cultivar BRS Novaera.
- 3- Doses inferiores ou iguais a 30 kg ha^{-1} de N são suficientes para expressão em potencial da cultura do feijão-caupi quando inoculados.

REFERÊNCIAS

ALVAREZ V., V.H. & RIBEIRO, A.C. Calagem. In: _____. **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5ª aproximação. Viçosa, MG, 1999. 359p.

ARAÚJO, S. F.; CARNEIRO, R. F. V.; BEZERRA, A. A. C.; ARAÚJO, F. F.; Coinoculação rizóbio e *Bacillus subtilis* em feijão-caupi e leucena: efeito sobre a nodulação, a fixação de N₂ e o crescimento das plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 1, p. 182-185, Fev. 2001.

BARBOSA, G.F.; ARF, O.; NASCIMENTO, M.S.; BUZETTI, S.; FREDDI, O.S.; Nitrogênio em cobertura e molibdênio foliar no feijoeiro de inverno. **Acta Scientiarum. Agronomy**, V.32, p.117- 123, 2010.

BRITO, M. M. P.; MURAOKA, T.; SILVA, E. C. Contribuição da fixação biológica de nitrogênio, fertilizante nitrogenado e nitrogênio do solo no desenvolvimento de feijão e caupi. **Bragantia**, v. 70, n. 1, p. 206-215, 2010.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa nº 13, de 24 de março de 2011. Aprova as normas sobre especificações, garantias, registro, embalagem e rotulagem dos inoculantes destinados à agricultura, bem como as relações dos micro-organismos

autorizados e recomendados para produção de inoculantes no Brasil, na forma dos Anexos I, II e III, desta Instrução. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, 25 mar. 2011. Seção 1, p.3-7.

CARVALHO, F. I. C.; LORENZETTI, C.; BENIN, G. **Estimativas e implicações da correlação no melhoramento vegetal**. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 2006. 142 p.

COUTINHO, P. W. R.; *et al.*; Doses de fósforo na cultura do feijão-caupi na região nordeste do Estado do Pará. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 8, n. 1, p. 66-73, 2014. Disponível em: <<https://revista.ufrr.br/agroambiente/article/view/4887/2529>>. Acesso em: 12 de julho de 2018.

CLELAND, R. E.; Auxin and cell elongation. In: _____ **Plant Hormones: Biosynthesis, Signal Transduction, Action**. 3.ed. New York: Springer Dordrecht Heidelberg London, 2010, Cap.3, p.204–220.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3. ed. Viçosa: UFV, . v. 1; 2004.

DARTORA, J.; GUIMARÃES, V.F.; MARINI, D.; SANDER, G.; Adubação nitrogenada associada à inoculação com *Azospirillum brasilense* e

Herbaspirillum seropedicae na cultura do milho. **Rev. Brasileira de Engenharia Agrícola e ambiental**; Campina Grande, v. 17, n. 10, p. 1023-1029, 2013.

DÖBEREINER, J.; ANDRADE, V. DE O.; BALDANI, V. L. D.; **Protocolos para preparo de meios de cultura da Embrapa Agrobiologia**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 1999. 38p.

DOBEREINER, J. Evaluation of nitrogen fixation in legumes by the regression of total plant nitrogen with nodule weight. **Nature**, v.210, p.850-852, 1966.

FERNANDES JÚNIOR, P. I.; Rohr, T. G.; Oliveira, P. J.; Xavier, G. R.; Rumjanek, N. G. Polymers as carriers for rhizobial inoculant formulations. **Pesquisa agropecuária brasileira**. Brasília, v.44, n.9, p. 1184-1190, 2009.

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

FREIRE FILHO, F. R.; *et al.*; **Feijão caupi no Brasil: produção, melhoramento genético, avanços e desafios**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2011, 84 p.

LOCATELLI, V. da E. R.; Medeiros, R. D. de; Smiderle, O. J.; Albuquerque, J. de A. A. de; Araújo, W. F.; Souza, K. T. S. de. Componentes de produção, produtividade e eficiência da irrigação do feijão-caupi no cerrado de Roraima. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, p. 574-580, 2014.

MARINHO, R.C.N.; Nóbrega, R. S. A.; Zilli, J. E.; Xavier, G. R.; Santos, C. A. F.; Aidar, S.T; Martins, L.M.V and Júnior, P. I. F; Field performance of new cowpea cultivars inoculated with efficient nitrogen-fixing rhizobial strains in the Brazilian Semiarid. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.49, n.5, p.395-402, 2014.

MARTINS, L.M.V. **Características ecológicas e fisiológicas de rizóbios de caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) isolados a partir de solos da região Nordeste do Brasil**. 1996. 213p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Seropédica.

MARTINS, R. N. L.; *et al.*; Nitrogênio e micronutrientes na produção de grãos de feijão-caupi inoculado. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, V.34, n. 4, p.1577-1586, Jul./ago. 2013.

MELO, S. R.; Zilli, J. E. Fixação biológica de nitrogênio em cultivares de feijão-caupi recomendadas para o Estado de Roraima. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.44, n.9, p. 1177-1183, 2009.

OSORIO FILHO, B.D.; Binz, A.; Lima, R. F.; Giongo, A.; De Sá, E.L.S.; Promoção de crescimento de arroz por rizóbios em diferentes níveis de adubação nitrogenada. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.46, n.3, p.478-485, mar, 2016.

QUADROS, P. D. de. **Inoculação de *Azospirillum* spp. em sementes de genótipos de milho cultivados no Rio Grande do Sul.** 2009. 62p. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

RODRIGUES, A.C.; *et al.*; Resposta da co-inoculação de bactérias promotoras de crescimento em plantas e *Bradyrhizobium* sp. em caupi. **Bioscience Journal**, V.28, Supplement 1, p. 196-203, 2012.

RUMJANEK, N. G.; Martins, L. M.; Xavier, G. R.; Neves, M. C.P. Fixação biológica de nitrogênio. In: _____. **Feijão caupi: avanços tecnológicos.** Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. p. 280-335.

SANT'ANA, E. V. P. SANTOS, A. B. dos. SILVEIRA, P. M. da.; Adubação nitrogenada na produtividade, leitura spad e teor de nitrogênio em folhas de

feijoeiro. **Revista Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 40, n. 4, p. 491-496, 2010.

SCHOSSLER, J. H.; RIZZARDI, D. A.; MICHALOVICZ, L.; Componentes de rendimento e produtividade do feijoeiro comum submetido à inoculação e co-inoculação com estirpes de *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense*. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 17, n.1, p.10-15, out. 2016.

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

SILVA, E. F. L.; *et al.*; Fixação biológica do nitrogênio em feijão-caupi sob diferentes doses e fontes de fósforo solúvel; **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 26, n. 3, p. 394-402, May/June, 2010.

SILVA, R.T.L.; *et al.*; Inoculação e adubação mineral na cultura do feijão – caupi em Latossolos da Amazônia oriental. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 24, n. 4, p. 152-156, out.-dez., 2011.

SOUTO, J. S.; *et al.*; Efeito da aplicação de fósforo no desenvolvimento de plantas de feijão guandu *Cajanus cajan* (L) Millsp). **Revista Verde**, v. 4, n. 1, p. 135 – 140, 2009.

STAPLES, R.C.; TOENNIESSEN, G.R. **Plant disease control**. New York, Wiley, 1981. p.221-234.

VEIHMEYER, F.J. & HENDRICKSON, A.H. The moisture equivalent as a measure of the field capacity of soil. **Soil Science**, v. 32, p. 181-193, 1931.

ZILLI, J.E.; FERREIRA, E.P.B.; NEVES, M.C.P.; RUMJANEK, N.G. Efficiency of fast-growing rhizobia capable of nodulating cowpea. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v.71, p.553- 560, 1999.

ZILLI, J.E.; XAVIER, G.R.; MOREIRA, F.M.S.; FREITAS, A.C.R. & OLIVEIRA, L.A. Fixação biológica de nitrogênio. In: _____. **A cultura do feijão-caupi na Amazônia Brasileira**. Boa Vista, Embrapa Roraima, 2009. p.185-221.

ZILLI, J. É. Resposta do feijão-caupi à inoculação com estirpes de *Bradyrhizobium* recomendadas para a soja. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v. 35, p. 739-742, 2011.

CAPÍTULO II

Contribuição de estirpes de rizóbio e adubação nitrogenada para o desenvolvimento e produtividade do feijão-caupi

RESUMO

O estudo objetivou avaliar o efeito da inoculação com rizóbios associado à adubação nitrogenada sobre o crescimento e produtividade de cultivares de feijão-caupi. No ano de 2018 foi conduzido o experimento no *campus* da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB, onde foram testados dois isolados nativos e a estirpe BR3262 (recomendada para cultura) acrescidos de adubação nitrogenada (30,60 e 90 kg ha⁻¹ de N) e um controle sem adubação e inoculação, em duas cultivares de feijão-caupi (BRS Guariba e Nova Era). O delineamento experimental empregado foi em blocos casualizados, com quatro repetições, em esquema fatorial triplo (4 x4 x2). Por ocasião do florescimento, foram avaliados os seguintes parâmetros: Altura de plantas, diâmetro do colmo, massa seca de parte aérea, Índice SPAD e número de nódulos. Na colheita foram coletados dados dos componentes de produção: Número de vagens por planta, comprimento de vagem, número de sementes por vagem, massa de 100 grãos e produtividade. Avaliando os componentes referentes ao desenvolvimento e crescimento das plantas a cultivar BRS Guariba foi superior em altura, número de nódulos, e índice de clorofila, perdendo apenas para as variáveis de massa seca e diâmetro do colmo para BRS Novaera. Porém, para os componentes de produção foi a BRS Nova Era que obteve superioridade. De modo geral, a inoculação favoreceu redução na adubação nitrogenada, resultando em valores superiores quando comparado ao controle, muitas vezes em sua maior dose (90 kg ha⁻¹ de N). A produtividade foi diretamente influenciada pela introdução das bactérias, no entanto foi o isolado UESB R5 que promoveu o maior lucro final e redução de gastos com adubação nitrogenada, nas duas cultivares.

Palavras-chave: Fixação Biológica de Nitrogênio, *Vigna unguiculata* (L.), Rendimento de grãos.

ABSTRACT

The study aimed to evaluate the effect of inoculation with rhizobia associated with nitrogen fertilization on growth and yield of cowpea cultivars. In 2018 the experiment was carried out on the campus at Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), in which two native isolates and strain BR3262 (recommended for cultivation) were tested, with nitrogen fertilization (30, 60 and 90 kg ha⁻¹ of N) and a control without fertilization and inoculation, in two cultivars of cowpea (BRS Guariba and Novaera). The experimental design was a randomized block, with four replications triple factorial (4 x 4 x 2). During flowering, the following parameters were assessed: plant height, stem diameter, shoot dry weight, SPAD index and number of nodules. At harvest, data were collected from the production components: amount of pods per plant, pod length, number of seeds per pod, mass of 100 grains and yield. The BRS Guariba cultivar was superior in height, number of nodules, and chlorophyll content index, losing only to the variables of dry mass and stem diameter for BRS Novaera. However, for the production components it was BRS Novaera that obtained superiority. In general, inoculation favored a reduction in nitrogen fertilization, resulting in higher values when compared to control, often at its highest dose (90 kg ha⁻¹ of N). The productivity was directly influenced by the introduction of bacteria, however it was the UESB R5 isolate that promoted the highest final profit and reduction of nitrogen fertilization expenses in both cultivars.

Key words: Biological fixation of nitrogen, *Vigna unguiculata* (L.), Grain yield

2.1 INTRODUÇÃO

O feijão-caupi é uma espécie economicamente importante para o país, uma vez que, sua área cultivada na safra 2012/2013 foi em torno de 3,06 milhões de hectares, colaborando com a produtividade de 2,98 toneladas de grãos (CONAB, 2013).

A cultura possui ampla distribuição mundial, principalmente nas regiões tropicais, em virtude de sua semelhança ao local de origem, a África. Devido às condições edafoclimáticas similares, a região nordeste do país se destaca como principal área para cultivo da espécie.

No entanto, sua produtividade média é inferior a outras regiões de maior tecnificação e potencial genético das cultivares, resultando em safras com produção média não ultrapassa os 386 kg ha⁻¹ (CONAB, 2017).

Isso pode ser recorrente ao tipo de sistema de cultivo adotado, com baixa tecnologia, uso de cultivares tradicionais com baixo potencial produtivo, agregados a baixa fertilidade natural e dos teores de matéria orgânica dos solos.

O nitrogênio é um dos macronutrientes de maior exigência pela cultura, sendo requerida uma quantidade superior a 100 kg ha⁻¹ para maior promoção no seu desenvolvimento (FREIRE FILHO; LIMA; RIBEIRO, 2005).

Em virtude do alto custo dos adubos nitrogenados e perdas de N no solo, além da sua contribuição à poluição ambiental, torna-se viável a busca por alternativas que visam o aproveitamento e eficiência da utilização deste nutriente no solo, bem como a falta de melhoramento dos genótipos de feijão-caupi. Faz-se necessário estudo e aplicação de tecnologias que visam maior produção com redução de custos e impactos ambientais.

Nesse contexto, a produtividade dessa cultura pode ser aumentada pelo uso de inoculantes com bactérias diazotróficas eficientes na fixação biológica de nitrogênio (FBN). Haja vista que, esses microrganismos, além de reduzirem os

custos de insumos por disponibilizar nitrogênio assimilável a planta, ainda, trazem benefícios diretos e indiretos à cultura.

Nos últimos anos, estudos vêm sendo realizados com o objetivo de avaliar a influência da inoculação de rizóbios em feijão-caupi, visando maior produção de grãos com substituição parcial ou total da adubação nitrogenada (MARTINS e outros, 2003; XAVIER e outros, 2007; BRITO e outros, 2010; CHAGAS JÚNIOR e outros, 2010; CAVALCANTE e outros, 2017).

Possibilitando que fossem desenvolvidas no Brasil quatro estirpes de *Bradyrhizobium* recomendadas para produção de inoculantes para o feijão-caupi: UFLA3-84 (SEMIA 6461), BR 3267 (SEMIA 6462), INPA3-11B (SEMIA 6463) e BR 3262 (SEMIA 6464) (ZILLI e outros, 2008).

Contudo, o feijão-caupi é uma cultura bastante promíscua, sendo capaz de nodular com diversas espécies de bactérias do grupo rizóbio, dentre os principais gêneros, podemos citar: *Azorhizobium*, *Burkholderia*, *Bradyrhizobium*, *Mesorhizobium*, *Rhizobium*, *Sinorhizobium*, dentre outros (NEVES e RUMJANEK, 1997; WILLEMS, 2006; ZILLI e outros, 2006; ZHANG e outros, 2007; MOREIRA, 2008).

Dentre as peculiaridades que limitam a exploração da FBN, a cultura, a alta competitividade dos isolados nativos no solo, sua adaptação às condições edafoclimáticas, bem como a baixa eficiência de determinados genótipos de feijão-caupi em estabelecer eficiência simbiótica, justifica o presente estudo na busca de seleção de cultivares e estirpes que resultam em maior resposta a FBN, com menor uso de adubação nitrogenada.

Sendo assim, objetivou-se com este trabalho, avaliar o efeito da inoculação com rizóbios associada às doses de adubação nitrogenada sobre o crescimento e produtividade de cultivares de feijão-caupi.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

No período de Março a junho de 2018 foi conduzido o experimento de campo, na área experimental da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), localizado no município de Vitória da Conquista - Bahia, situado a 928 m de altitude, com as coordenadas geográficas de 14°51' de Latitude Sul e 40°50' de Longitude Oeste.

De acordo com a classificação de Köppen, o clima regional é classificado como tropical de altitude (Cwa), com precipitação média anual de 733,9 mm (SOUZA e outros, 2010). O solo da área foi classificado como Cambissolo Háplico distrófico Tb, com classe textural Franco-argilo-arenosa.

Amostras foram retiradas para análises químicas e físicas do solo, na profundidade de 0-20 cm, cujas características resultantes são: pH (H₂O) = 5,5; Al = 0,1 cmol_c dm⁻³; Ca = 1,8 cmol_c dm⁻³; Mg = 1,0 cmol_c dm⁻³; K = 0,46 cmol_c dm⁻³ e P = 16 mg dm⁻³.

A área total do experimento foi de 98 m de comprimento x 20 m de largura. O tamanho total da parcela foi de 5 m x 2,5m, constituída de espaçamento entre linhas de 0,5 m, sendo área útil as duas linhas centrais, excluindo duas de cada lado como bordadura.

O preparo do solo foi realizado por meio mecanizado, com uma aração, duas gradagens e abertura de sulcos com 0,50 m de distância. A adubação de semeadura foi feita conforme as recomendações de ALVAREZ V. e RIBEIRO, 1999.

A partir da análise, não foi necessária aplicação de calagem, sendo recomendada a adubação de semeadura, que foi realizada com 70 kg ha⁻¹ de P₂O₅, na forma de superfosfato simples; e 20 kg ha⁻¹ de K₂O, na forma de cloreto

de potássio, e, para o fornecimento de N utilizou-se como fonte a uréia, parceladas em duas aplicações, sendo uma no plantio e a outra 25 dias após emergência das plantas (DAE).

O delineamento experimental foi em blocos casualizados em esquema fatorial triplo 4 x 4 x 2 e quatro repetições. Os tratamentos compreenderam três doses de N, na forma de uréia: 30, 60 e 90 kg ha⁻¹ de N e um controle sem adubação nitrogenada; uso de três bactérias, sendo duas nativas (UESB R1 e UESB R5) e um inoculante recomendado para cultura, a estirpe BR 3262 (ZILLI e outros, 1999), além de um controle sem inoculação; o terceiro fator foi a utilização de duas cultivares de feijão-caupi (BRS Nova Era e BRS Guariba).

As bactérias foram isoladas e repicadas até obtenção do material puro, sem contaminantes, e, colocadas para crescer durante cinco dias para produção do inoculante. Posteriormente, verificou-se a concentração de células de cada bactéria, sendo ajustas para 10⁹ UFC mL⁻¹, seguindo a recomendação do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2011). Antes da semeadura, foi realizada a inoculação das bactérias, na proporção de 1 ml de inoculante para 1.000 sementes.

Por ocasião do florescimento, aos 50 DAE, foram coletadas, aleatoriamente, dez plantas de cada parcela, dentro da área útil, para avaliações da altura (ALT), diâmetro do colmo (DC), número de nódulos (NN), massa seca de parte aérea (MSPA) e índice de clorofila (SPAD).

A segunda avaliação foi realizada na colheita, utilizando dez plantas da área útil de cada parcela. Posteriormente, avaliou-se: número de vagens por planta (NVG), comprimento de vagem (CPV), número de grãos por vagem (NGV), massa de cem grãos (MCG) e produtividade dos grãos (PROD).

Para determinação da MSPA, foi utilizada uma estufa de ventilação forçada à 65c°, até atingir peso constante. As avaliações de comprimento de planta e vagens e diâmetro do colmo foram mensurados com auxílio de régua e

paquímetro. E para avaliação da produção de grãos, realizou-se a pesagem total de sementes da área útil de cada parcela, na qual os dados foram estimados para kg ha^{-1} , corrigidos para 13% de umidade.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e agrupados pelo teste Skott knot e análise de regressão a 5% de probabilidade, com auxílio do *software* Sisvar 5.3 (FERREIRA, 2011).

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por ocasião do florescimento foi verificado efeito significativo da interação em conjunto (Bactéria x Dose x cultivar) sobre as variáveis ALT, DC, MSPA, NN e SPAD (Tabela 2.1).

Avaliando a variável altura, verifica-se que o crescimento das plantas obtiveram um comportamento quadrático para as duas cultivares (Figura 2.1).

De acordo com o modelo, observa-se que para os isolados UESB R1 (41,75 cm) e UESB R5 (43,09 cm) promoverem valores máximos de comprimento da cultivar BRS Guariba, deve-se aplicar as doses máximas estimadas de 67,79 e 56,87 Kg ha⁻¹ de adubação nitrogenada (Figura 2.1 a e b).

Ao mesmo tempo que, a cultivar BRS Nova Era atingiu seu ponto de máximo em altura (41,60 e 40,40 cm) nas doses de 69,49 e 61,50 Kg ha⁻¹ de N quando associadas aos isolados UESB R1 e UESB R5 (Figura 2.1 a e b).

Tabela 2.1- Resumo da análise de variância e coeficiente de variação para as características de crescimento e eficiência simbiótica das cultivares de feijão-caupi BRS Guariba e BRS Novaera, em função da inoculação com estirpes nativas e com *Bradyrhizobium* sp. BR 3262, associadas a doses distintas de adubação nitrogenada.

F.V.	G.L.	Quadrados médios				
		^{2/} ALT	DC	MSPA	NN	SPAD
^{1/} Bactéria (B)	3	378,51 *	0,397 *	193,68 *	8730,56 *	672,97 *
^{3/} Doses(D)	3	1266,03 *	0,185 *	567,51*	3477,64 *	1415,16 *
^{4/} Cultivar (C)	1	242,60 *	0,124 *	303,16 *	1,12 ^{NS}	87,93 *
B x D	9	55,53 *	0,640 *	81,14 *	431,87 *	101,62*
B x C	3	11,94 *	0,074 *	19,94 *	181,31*	61,18 *
D x C	3	26,40 *	0,268 *	19,68 *	264,97 *	93,34 *
B x D x C	9	10,25 *	0,057 *	24,40 *	112,83 *	9,16 *
Redíduo	96	2,54	0,0059	4,13	6,54	6,19
CV (%)	-----	4,56	7,51	5,81	6,55	3,56

* significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; ^{1/} B: Bactérias; ^{2/} ALT: altura, DC: diâmetro do colmo, MSPA: matéria seca de parte aérea, NN: número de nódulos; SPAD: índice de clorofila; ^{3/} D: Doses; 0,30,60 e 90 Kg ha⁻¹; ^{4/}C: Cultivares de feijão-caupi; BRS Nova Era e BRS Guariba

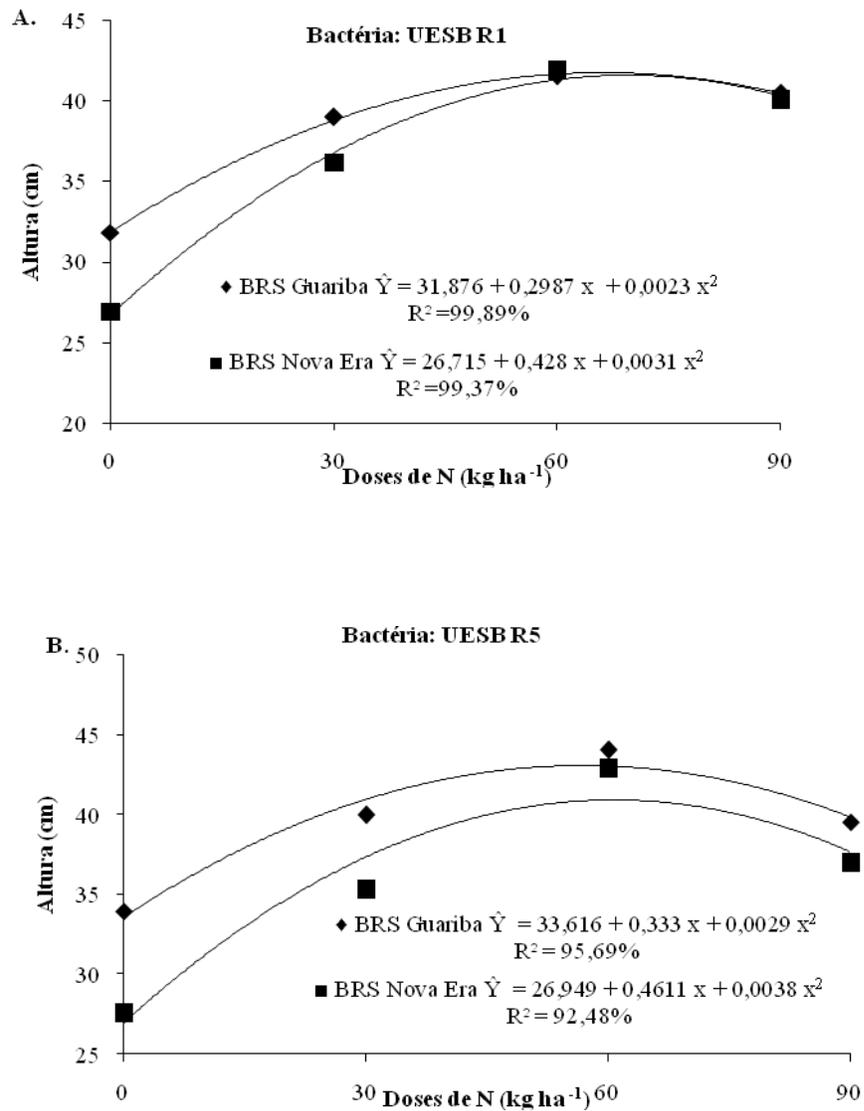


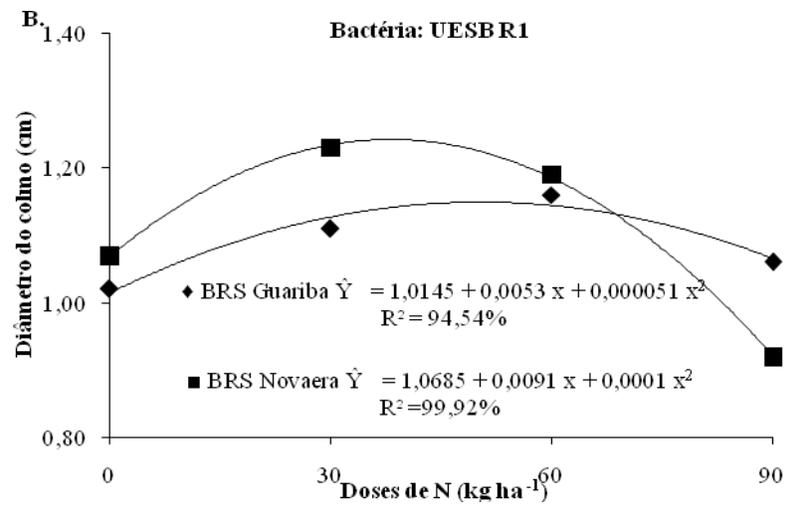
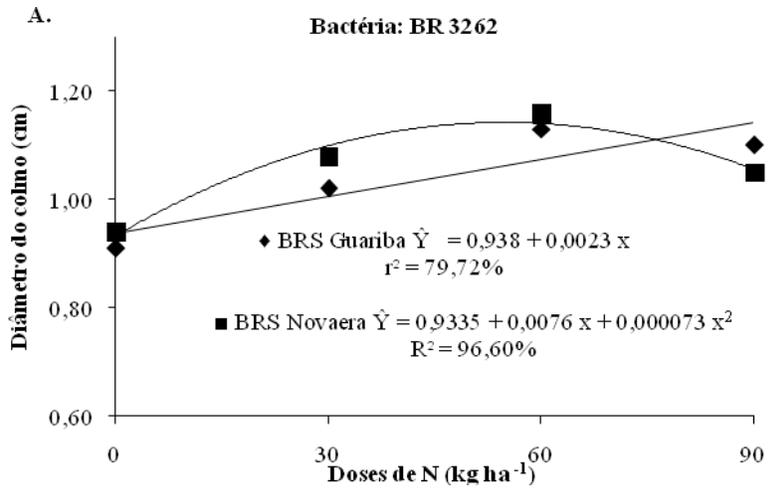
Figura 2.1 – Altura das cultivares feijão-caupi BRS Nova Era e BRS Guariba, aos 50 DAE, sob efeito da inoculação de estirpes bacterianas UESB R1 (A) e UESB R5 (B) associada às diferentes doses de N, observadas em experimento realizado em Vitória da Conquista, BA, 2018.

Esses resultados estão de acordo com outros estudos, que verificaram a influência da inoculação com rizóbios sobre altura de plantas de feijão caupi, quando comparadas a testemunha (RODRIGUES e outros ,2012; SCHOSSLER e outros 2016).

Entretanto, as respostas da FBN nem sempre são satisfatórias sobre o crescimento das plantas do feijão-caupi (SILVA e outros, 2006; FRIGO, 2013), visto que os tratamentos inoculados sugerem um maior gasto de energia para produção dos nódulos e fixação de N_2 .

Além disso, durante as divisões celulares para colonização e desenvolvimento do nódulo ocorre um grande gasto de energia, no qual se obtém da oxidação dos carboidratos produzidos na parte aérea da planta hospedeira (NEVES, 1981; HUNGRIA e outros ,1999) podendo deste modo refletir no crescimento aéreo da planta.

Quanto ao diâmetro do colo, a cultivar BRS Guariba associada às bactérias UESB R1 (1,14 cm) e UESB R5 (1,15 cm) possibilitaram maiores valores de diâmetro quando submetidas as doses máximas de 50,52 e 53,68 Kg ha^{-1} de N, apresentando comportamento quadrático dos dados (Figura 2.2 b e c) .



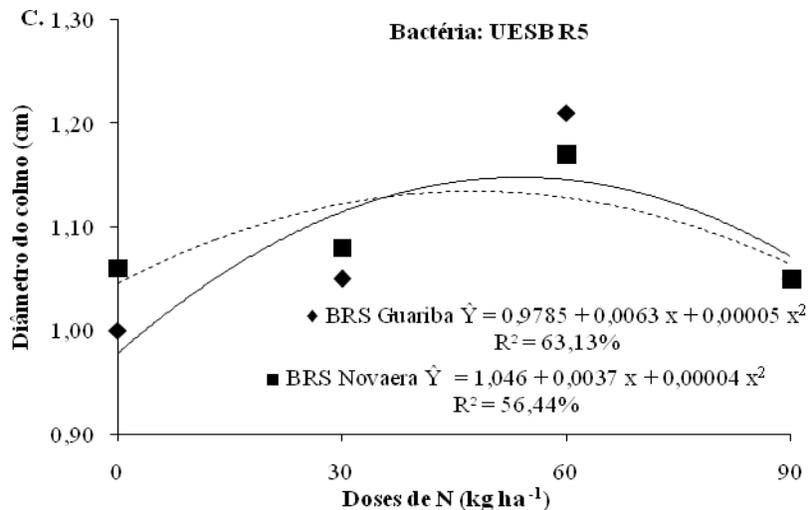


Figura 2.2 Diâmetro do colmo das cultivares de feijão-caupi BRS Novaera e BRS Guariba, aos 50 DAE, sob efeito da inoculação de estirpes bacterianas BR 3262 (A), UESB R1 (B) e UESB R5 (C) associadas à diferentes doses de N, Vitória da Conquista, BA, 2018.

Por outro lado, a estirpe BR 3262 manifestou de forma linear crescente sobre adubação nitrogenada, obtendo o valor máximo de diâmetro (1,10 cm) quando na dose máxima de 90 kg ha⁻¹ de N (Figura 2.2 a).

Observando o comportamento da cultivar BRS Novaera, houve um ajuste dos dados ao modelo quadrático para as bactérias, proporcionando diâmetros máximos (BR 3262 1,14 cm; UESB R1 1,24 cm; UESB R5 1,13 cm) quando aplicada as doses de 54,36, 38,10 e 47,6 kg ha⁻¹ de N, respectivamente (Figura 2.2).

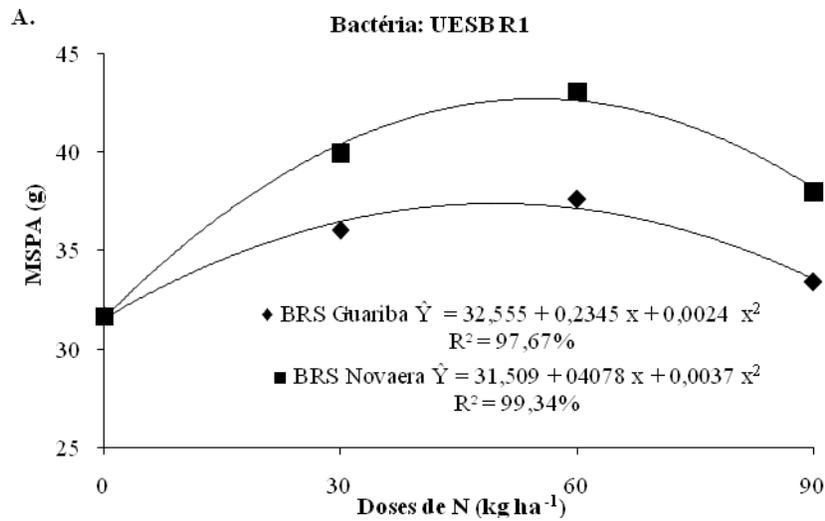
Esses resultados corroboram com de outros autores que relataram a influência das bactérias sobre o diâmetro de colmo das plantas (DARTORA e outros ,2013).

Os incrementos no diâmetro do colmo e altura das plantas foram mais pronunciados quando houve a inoculação com rizóbios. Esses efeitos,

provavelmente, são resultantes da produção de fitohormônios e de um maior estímulo no aumento de pelos radiculares, que contribuem para maior superfície de contato no solo, resultando em abundante absorção de nutrientes e água.

O uso das bactérias UESB R1 (37,39 g) e UESB R5 (37,36 g), incrementaram satisfatoriamente os teores de MSPA, submetidas as doses máxima de 49,70 e 62,31 kg ha⁻¹ de N, para cultivar BRS Guariba (Figura 2.3).

Para cultivar BRS Novaera os valores máximos estimados foram de (UESB R1) 42,71 e (UESB R5) 45,41 g para as doses 54,09 e 49,11 kg ha⁻¹ de N (Figura 2.3).



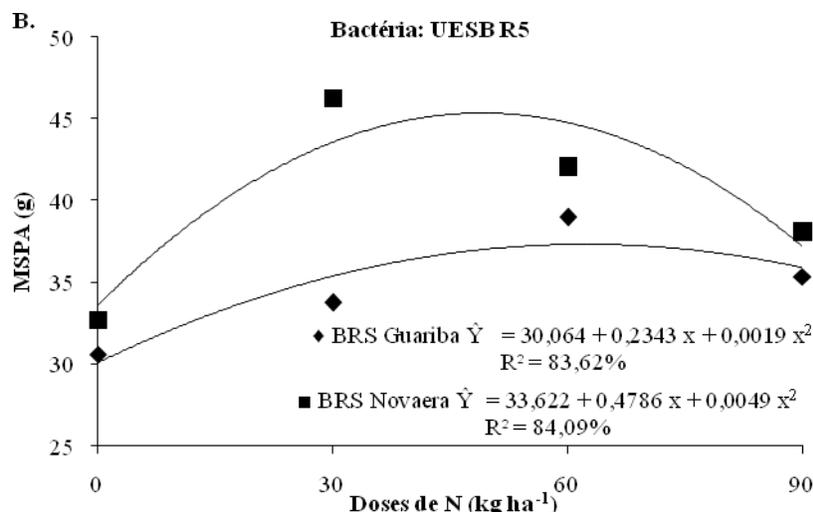


Figura 2.3 Massa seca de parte aérea das cultivares de feijão-caupi BRS Novaera e BRS Guariba, aos 50 DAE, sob efeito da inoculação de estirpes bacterianas UESB R1 (A) e UESB R5 (B) e diferentes doses de N, Vitória da Conquista, BA, 2018.

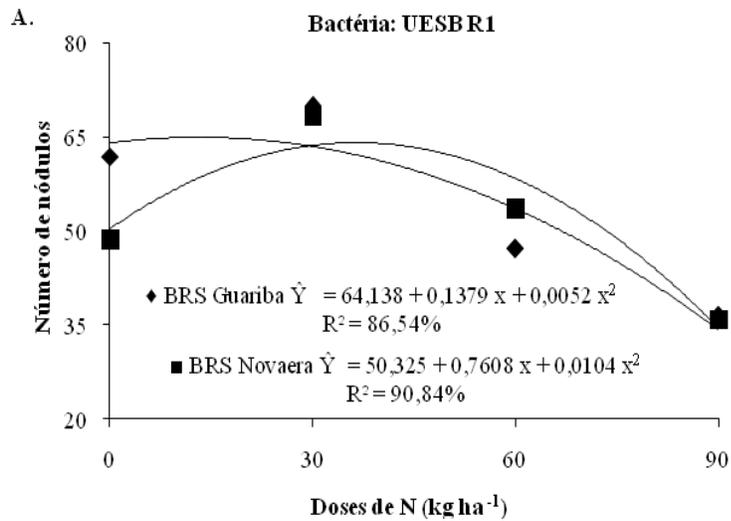
Resultados semelhantes de incremento de MSPA, foram observados em outros estudos avaliando o desempenho agrônômico de plantas inoculadas em associação com adubação nitrogenada (QUADROS e outros 2009; MARTINS e outros 2013, DARTORA e outros 2013).

Além disso, as estirpes estudadas mostraram eficiência sob o controle em ambas cultivares, com incrementos máximos de 155,27% de eficiência relativa da UESB R5 associada a BRS Novaera na dose de 30 kg ha⁻¹ e de 144,99 % da biomassa vegetal da BRS Guariba, quando utilizada a UESB R1, sem adubação nitrogenada.

Desta forma, os resultados de incremento em MSPA no presente estudo, nos tratamentos com ausência de N e adubação com 30 Kg ha⁻¹ de N indicam a potencialidade de que a associação do feijão-caupi com rizóbios podem substituir totalmente a adubação nitrogenada mineral e que, havendo condições de solo e de planta para plena simbiose, é dispensável inclusive a adubação de

arranque. Similarmente, Brito e outros, (2011) em seu trabalho confirmaram que os maiores incrementos em massa seca de parte aérea, quando na ausência ou menor dose de adubação nitrogenada.

Com relação ao Número de nódulos (Figura 2.4), foi verificado que a medida que aumentou as doses de N foi reduzida a quantidade de nódulos de ambas cultivares.



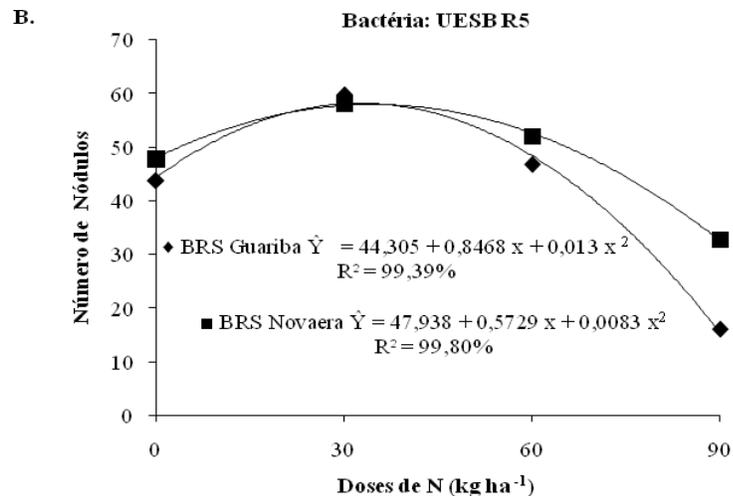


Figura 2.4 - Número de nódulos das cultivares de feijão-caupi BRS Novaera e BRS Guariba, aos 50 DAE, sob efeito da inoculação de estirpes bacterianas UESB R1 (A) e UESB R5 (B) e diferentes doses de N, Vitória da Conquista, BA, 2018.

Os valores de NN foram superiores para cultivar BRS Guariba quando associadas aos isolados UESB R1 (67 n.planta⁻¹) e UESB R5 (58 n.planta⁻¹), com as doses máximas de 13,24 e 58,01 kg ha⁻¹ de N. Do mesmo modo que, a cultivar BRS Novaera obteve maior quantidade NN (UESB R1 64 n.planta⁻¹; UESB R5 58 n.planta⁻¹) quando submetidos a adubação nitrogenada de 36,51 e 34,66 kg ha⁻¹ de N (Figura 2.4).

A quantidade de nódulos obtidas neste trabalho pela ação das bactérias, foram superiores a das cultivares de feijão-caupi estudadas por Calvacante e outros, (2017). É notável que o sucesso da nodulação pelas bactérias é dependente da seletividade simbiótica dos genótipos, sendo diretamente influenciada pela efetividade das estirpes de rizóbios, devido sua promiscuidade.

Avaliar e comparar a eficiência nodular de diferentes estirpes nativas de diferentes cultivares de feijão-caupi, em condições de campo, é bastante difícil

devido a variabilidade de fatores bióticos e abióticos que sofrem esses microrganismos.

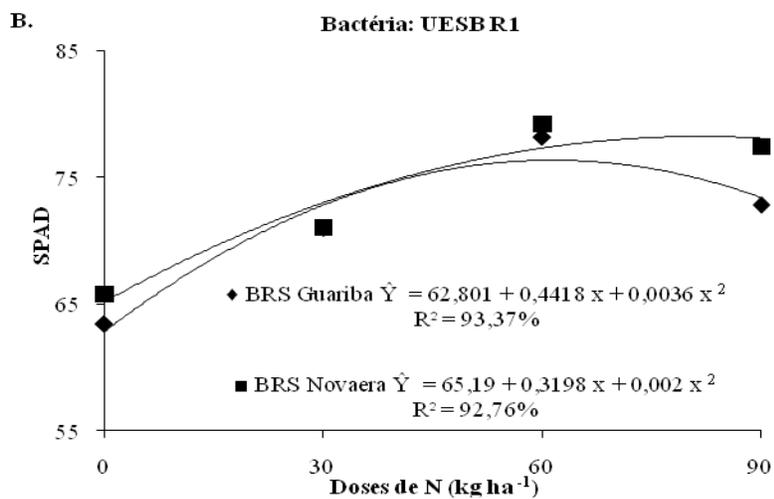
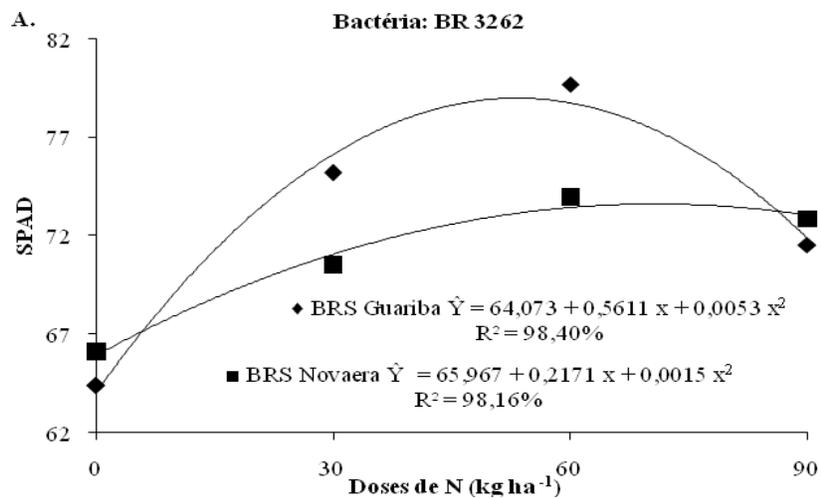
Contudo, a avaliação dos parâmetros de número de nódulos são critérios para avaliação de simbiose entre rizóbios e cultivares, sendo inclusive, protocolo de avaliação da RELARE (Rede de laboratórios para recomendação, padronização e difusão de tecnologia de inoculantes microbiológicos de interesse agrícola) para seleção de estirpes (BRITO e outros, 2011).

Deste modo, selecionar estirpes com padrão de efetividade e habilidade competitiva na inoculação de feijão-caupi, são primordiais para futuros estudos e introdução da FBN na cultura.

A leitura do índice de clorofila realizada neste estudo, teve como objetivo obter leituras instantâneas, de maneira não destrutiva das folhas, com intuito de captar o teor de clorofila na folha da planta. Vale ressaltar, que o valor de clorofila encontrado está diretamente correlacionado com a concentração de nitrogênio na planta, por consequência, sua produtividade (LIMA e outros, 2001; SILVEIRA e outros, 2003)

Avaliando os resultados das análises de regressão para o índice SPAD das folhas das cultivares de feijão caupi, observa-se que houve efeito quadrático.

Quando comparada as cultivares, observa-se que a cultivar BRS Guariba inoculada com os isolados BR 3262 (79%), UESB R1 (76%) e UESB R5 (84%), promoveram maiores índices SPAD na presença das doses máximas de 53,23, 61,49 e 54,26 Kg ha⁻¹ de adubação nitrogenada (Figura 2.5).



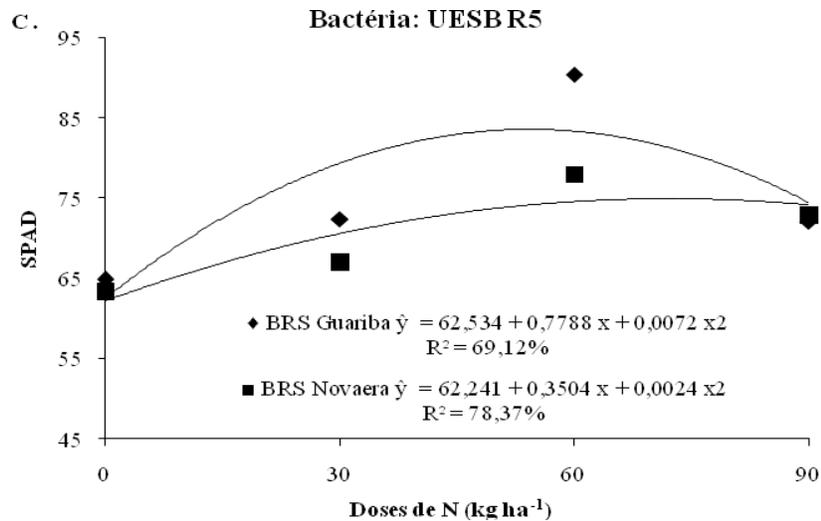


Figura 2.5. Estimativa do índice SPAD em folhas das cultivares de feijão-caupi BRS Novaera e BRS Guariba, aos 50 DAE, sob efeito da inoculação de estirpes bacterianas BR 3262 (A), UESB R1 (B) e UESB R5 (C) e diferentes doses de N, Vitória da Conquista, BA, 2018.

No entanto, para BRS Novaera atingir o ponto máximo de SPAD (BR 3262 73%; UESB R1 78% e UESB R5 75%) foi necessário o suprimento de adubação nitrogenada de 70,56, 79,95 e 72,12 kg ha⁻¹ de N (Figura 2.5).

O clorofilômetro tem sido utilizado por propiciar um diagnóstico rápido do estado nutricional em relação ao teor de nitrogênio das culturas de importância econômica, como café GODOY e outros, (2008), algodão NEVES e outros, (2005), Batata GIL e outros, (2002), milho ARGENTA e outros, (2004), feijão (BARBOSA FILHO e outros, 2009), como também, no feijão-caupi MORAIS e outros, (2013).

É relevante citar que o comportamento das cultivares se diferiram entre si quanto ao teor de clorofila das folhas, observa-se que a BRS Guariba demonstrou superioridade e menor exigência de N do que a BRS Novaera, utilizando as mesmas estirpes bacterianas. Sugerindo que o uso dos isolados

nessa cultivar, proporcionaram uma melhor simbiose, que resultou em um maior fornecimento de nitrogênio a planta, aumentando assim, o índice de clorofila nas folhas.

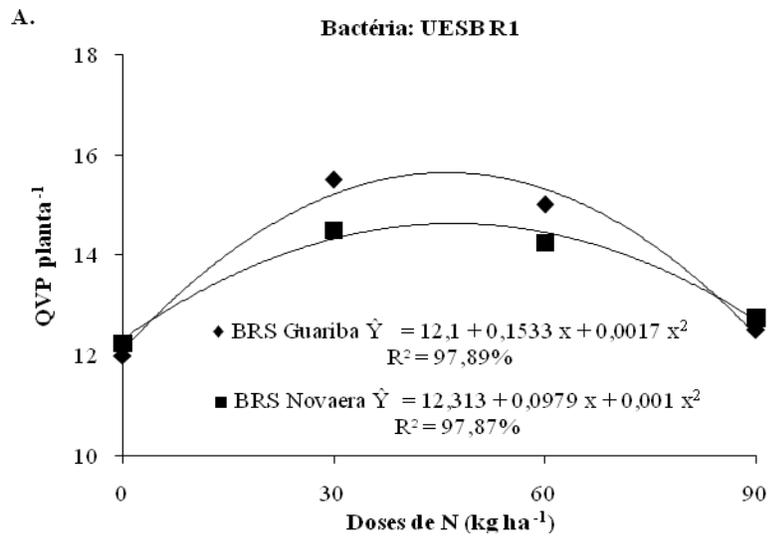
Na segunda avaliação, por ocasião da colheita as características QVP, NGV, CPV, M100G e PROD foram influenciadas significativamente, havendo efeito dos fatores em conjunto (B x D x C) e separadamente para NGV (B x C e D x C) (Tabela 2.2).

Tabela 2.2 – Resumo da análise de variância e coeficiente de variação para as variáveis de produção das cultivares de feijão-caupi BRS Guariba e BRS Nova Era, em função da inoculação com estirpes nativas e com *Bradyrhizobium* sp. BR 3262, associadas a doses distintas de adubação nitrogenada.

F.V.	G.L.	Quadrados médios				
		^{2/} QVP	CPV	NGV	MCG	PROD
^{1/} Bactéria	3	4,05 *	41,91 *	3,64 *	40,48 *	186821,30 *
^{3/} Doses	3	17,84*	13,19 *	12,89 *	76,39 *	946521,18 *
^{4/} Cultivar	1	318,78*	42,04 *	270,28 *	117,81 *	1505051,77 *
B x D	9	0,2256 ^{NS}	6,63 *	2,15 *	26,04 *	51264,00 *
B x C	3	0,42 ^{NS}	1,74 ^{NS}	0,80 *	3,233 ^{NS}	4186,49 *
D x C	3	0,59 ^{NS}	5,70 *	0,72 *	1,34 ^{NS}	27169 *
B x D x C	9	0,82 *	3,63*	0,28 ^{NS}	2,98 *	20961,48 *
Resíduo	96	0,26	1,24	0,262	1,53	2555,33
CV (%)	-----	5,2	7,47	5,78	6,95	5,66

* significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; ^{1/} B: Bactérias; ^{2/}QVP: quantidade de vagem por planta, CPV: comprimento de vagem, NGV: número de grãos por vagem; MCG: massa de cem grãos PROD: produtividade; ^{3/} D: Doses; 0,30,60 e 90 Kg ha⁻¹; ^{4/} C: Cultivares de feijão-caupi; BRSNovaEra,BRSGuariba.

Avaliando o comportamento das cultivares estudadas sobre a quantidade de vagens produzidas por planta, foi observado que a BRS Guariba foi superior do que a BRS Novaera. Por sua vez, para promover a maior emissão de vagens a cultivar BRS Guariba necessitou da aplicação dos inoculantes UESB R1 (16 vagens planta⁻¹) e UESB R5 (16 vagens planta⁻¹) associada as doses máxima de 45,08 e 45,99 Mg ha⁻¹ de N (Figura 2.6).



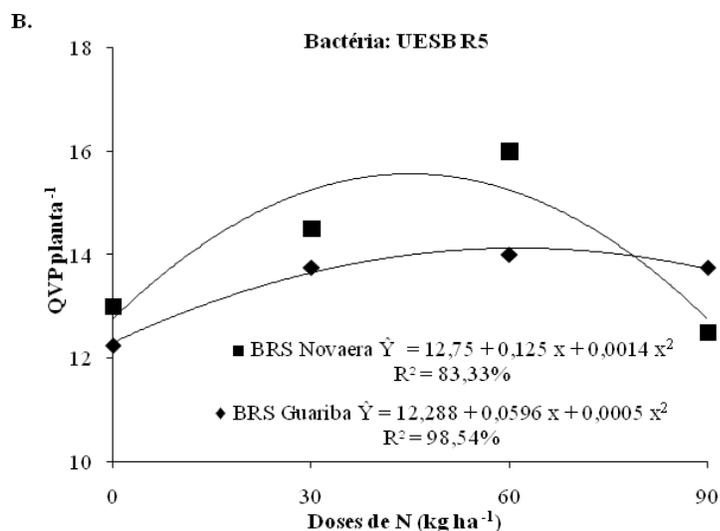


Figura 2.6. Quantidade de vagens por planta nas cultivares de feijão-caupi BRS Novaera e BRS Guariba, por ocasião da colheita, sob efeito da inoculação de estirpes bacterianas UESB R1 (A) e UESB R5 (B) e diferentes doses de N, Vitória da Conquista, BA, 2018

Contudo, para BRS Novaera expressar seu máximo potencial foi necessário aplicação das doses de 46,98 e 44,99 kg ha⁻¹ de N, juntamente com a inoculação das bactérias UESB R1 e UESB R5, para produzirem 14 e 15 vagens, respectivamente (Figura 2.6).

A produção de vagens por planta nesse estudo, são semelhantes as encontradas por Silva e outros, (2011), que obtiveram resultados médios inferiores a 20 vagens por planta de feijão-caupi quando se utilizou a inoculação juntamente adubação nitrogenada.

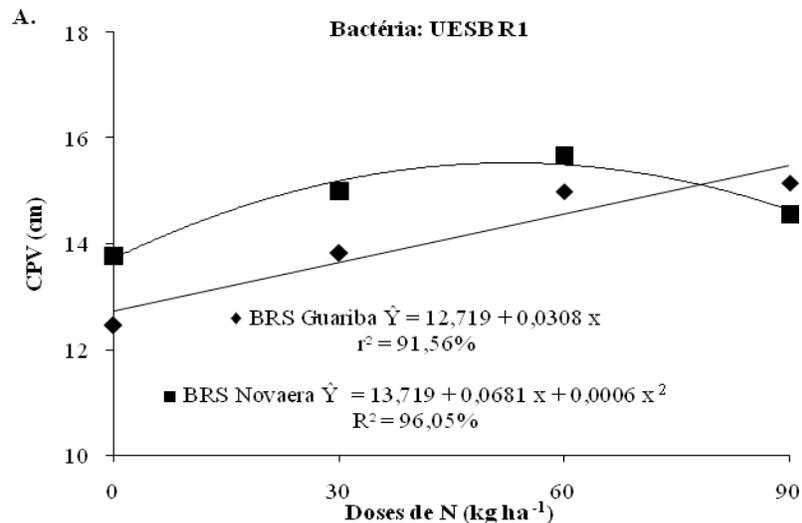
Schossler e outros ,(2016) também obtiveram respostas positivas com inoculação de rizóbios em feijão-caupi, que contribuíram em médias superiores de quantidade de vagens quando comparadas ao controle sem inoculação.

A emissão de vagens por plantas de feijão-caupi pode ser uma característica utilizada como critério de seleção para genótipos com potencial

de produção de feijão caupi (OLIVEIRA e outros, 2003; SOUZA e outros, 2007). Porém, esta afirmativa sugerida pelos autores, destoa os resultados encontrados neste trabalho, pois neste caso a cultivar que propiciou maior produção de grãos foi a BRS Novaera, que obteve média inferior de QVP (16 vagens planta⁻¹) quando comparada a BRS Guariba.

No entanto, vale ressaltar que o tamanho das sementes são diferentes, sendo que a BRS Novaera possui tamanho maior, o que pode ter contribuído em valores superiores nos peso dos grãos, bem como pode-se inferir que essa cultivar sobressaiu por ter desenvolvido uma relação de simbiose com os isolados, que favorece o melhor desempenho desta característica.

Avaliando o comportamento das cultivares para o comprimento de vagem, pode-se inferir que o uso das bactérias UESB R1 (na cultivar BRS Guariba) e da UESB R5 (na cultivar BRS Nova Era), responderam de forma linear crescente de acordo com aumento da adubação nitrogenada, obtendo o ponto de máximo de comprimento de 15,15 e 16,70 cm, na dose máxima de 90 kg ha⁻¹ de N (Figura 2.7).



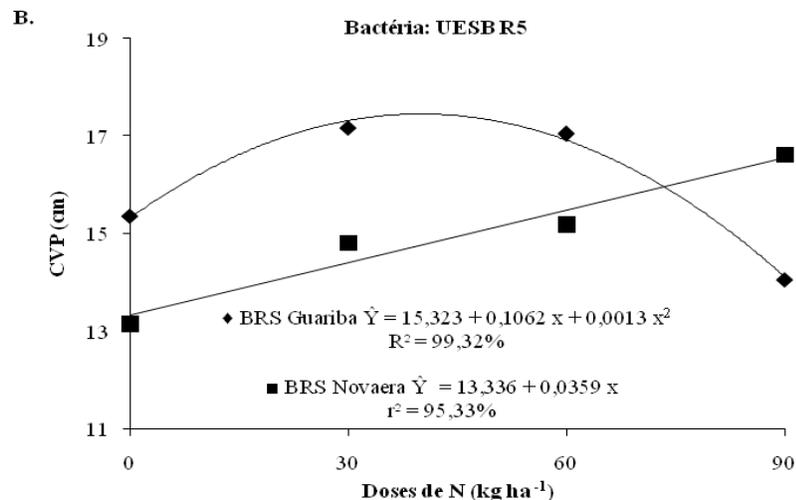


Figura 2.7. Comprimento de vagens por planta nas cultivares de feijão -caupi BRS Novaera e BRS Guariba, por ocasião da colheita, sob efeito da inoculação de estirpes bacterianas UESB R1 (A) e UESB R5 (B) e diferentes doses de N, Vitória da Conquista, BA, 2018.

Porém, ao trocar as bactérias entre as cultivares, observa-se que os dados de CPV foram ajustados ao modelo polinomial quadrático. Sendo que os isolados UESB R1(na cultivar BRS Novaera) e UESB R5 (na cultivar BRS guariba), expressaram seu potencial máximo de comprimento 17,44 e 15,51 cm , nas doses estipuladas de 39,92 e 52,83 kg ha⁻¹ de adubação nitrogenada (Figura 2.7).

Ao contrário do que foi relatado nesse trabalho, Calvacante e outros, (2017) afirmam que , realizando trabalho com feijão-caupi inoculado com a estirpe BR 3267, não obtiveram resposta em crescimento das vagens com as cultivares estudadas.

Embora o comprimento de vagem seja peculiar para cada cultivar, observa-se que as cultivares responderam de forma diferente de acordo com a

inoculação e adubação. É relevante inferir que a estirpe BR 3262 utilizada nesse estudo, não influenciou sobre o CPV, dando destaque aos isolados nativos, em especial a UESB R1 que proporcionou maior incremento em tamanho.

Mais uma vez, as bactérias nativas do solo mostraram sua eficiência em FBN quando comparadas a estirpe de uso comercial, podendo atribuir esse sucesso pela sua capacidade simbiótica com as cultivares de feijão-caupi, com também, por serem mais competitivas e adaptar às condições ambientais. Deste modo, elas conseguiram expressar seu potencial em promover o crescimento da planta por meio da produção de fitohormônios.

O número de grãos por vagem é uma característica que está diretamente ligada ao genótipo das cultivares, entretanto, foi verificado nesse trabalho que o uso da bactéria associada à doses de nitrogênio, promoveu uma variação em quantidade desta variável.

Quando se avaliou a resposta das bactérias em função das doses, observou-se que os doses máximas estimadas de 55,6, 49,07 e 57,51 kg ha⁻¹ de N, possibilitaram uma produção de 7, 9 e 7 sementes por vagem, respectivamente, quando associadas as bactérias BR 3262, UESB R1 e UESB R5 (Figura 2.8).

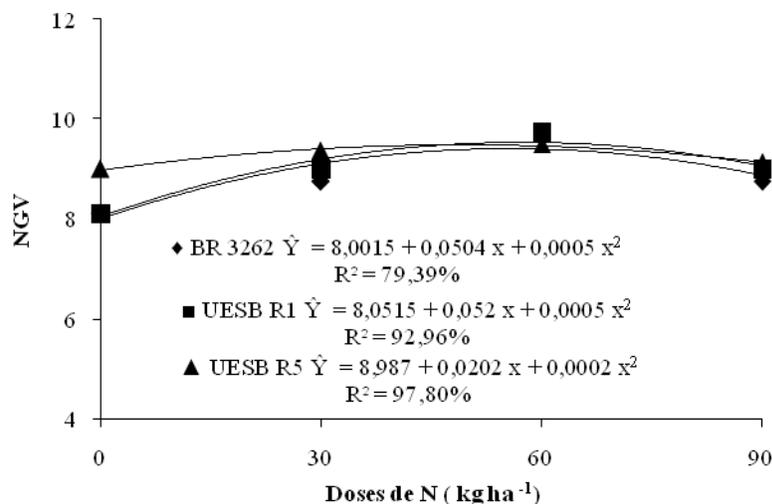


Figura 2.8. Número de grãos por vagem nas cultivares de feijão-caupi BRS Novaera e BRS Guariba, por ocasião da colheita, sob efeito da inoculação de estirpes bacterianas BR 3262 (A), UESB R1 (B) e UESB R5 (C) e diferentes doses de N, Vitória da Conquista, BA, 2018.

Do mesmo modo que, avaliando o efeito da inoculação sobre a produção de grãos das cultivares, houve diferença significativa entre os tratamentos, no qual todos foram superiores ao controle (Tabela 2.3).

Tabela 2.3- Número de grãos por vagem de feijão-caupi das cultivares BRS Novaera e Guariba, em função da inoculação das sementes com estirpes de rizóbios.

BACTÉRIAS/ ^{CULTIVARES}	BRS Novaera	BRS Guariba
	NGV	
Sem inoculação	10,12 B	6,75 B
BR 3262	10,18 B	7,50 A
UESB R1	10,37 A	7,56 A
UESB R5	10,62 A	7,87 A
Médias	10,32	7,42
CV (%)	5,78%	

*Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Com isso, pode-se relatar que a interação das fontes de nitrogênio, via adubação e FBN proporcionam aumento na eficiência do nitrogênio, contribuindo desta forma em incrementos nos componentes de rendimento. Conforme verificado por Yadegari (2014), que também demonstrou o aumento na produção de vagens e grãos de feijão quando inoculados por rizóbios.

Ao contrario do que foi exposto nesse trabalho, Calvacante e outros, (2017) não obtiveram respostas em incremento no número de grãos por vagem com uso da inoculação, atribuindo que este parâmetro é inerente ao genótipo da cultura.

Entre os componentes de rendimento do feijão-caupi, a massa de cem grãos (MCG) foi afetada pela interação dos fatores em conjunto, sendo constatado respostas quadráticas dos dados em função da adubação nitrogenada e inoculação (Figura 2.10).

A cultivar BRS Guariba apresentou o seu ponto máximo de 19,06 e 19,40 g de MCG, quando aplicadas as doses de 62,99 e 57 kg ha⁻¹ de N, associadas às bactéria BR 3262 e UESB R1, respectivamente (Figura 2.9).

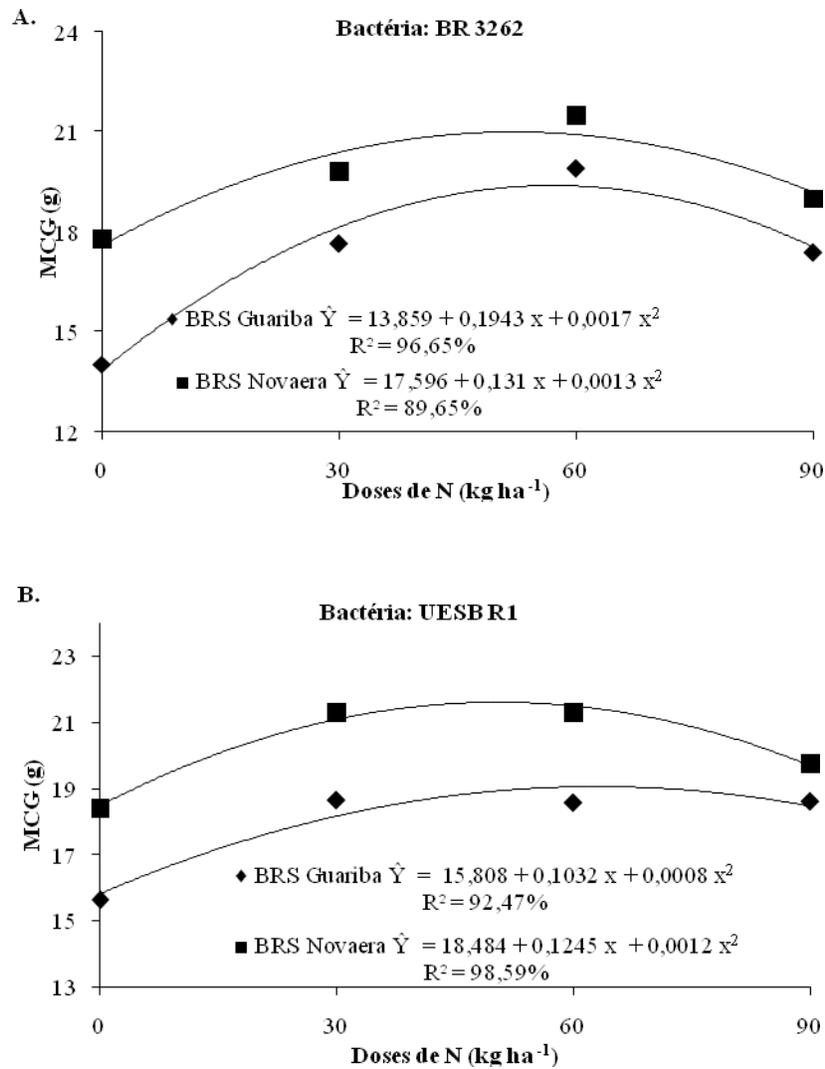


Figura 2.9 - Massa de cem grãos das cultivares de feijão-caupi BRS Novaera e BRS Guariba, por ocasião da colheita, sob efeito da inoculação de estirpes bacterianas BR 3262 (A), UESB R1 (B) e diferentes doses de N, Vitória da Conquista, BA, 2018.

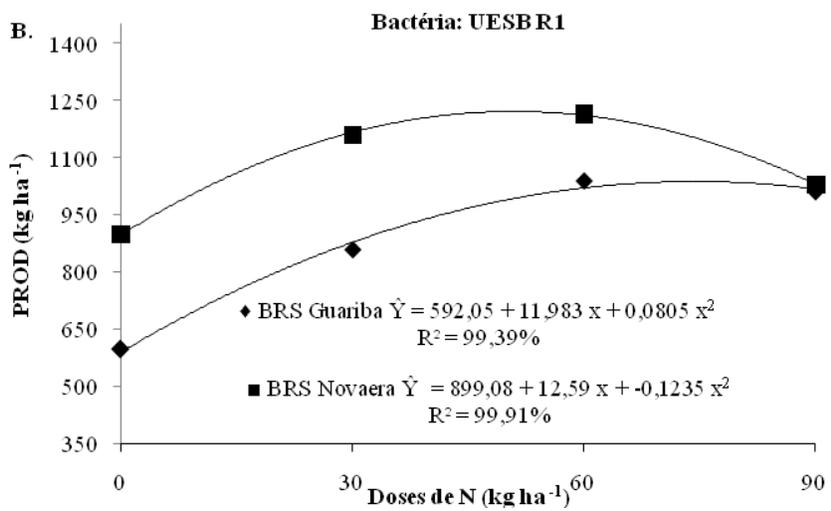
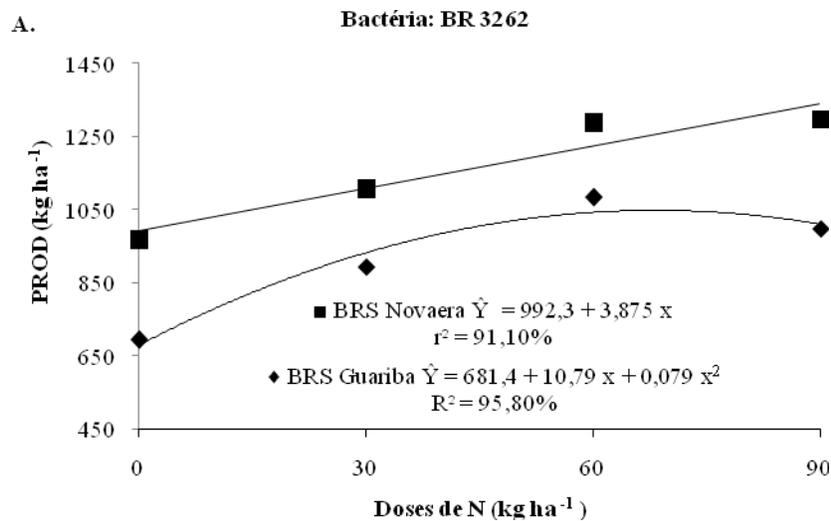
Em contrapartida, a cultivar BRS Novaera alcançou seu ponto máximo de MCG de 21,64 e 21,01 g, quando submetidas às doses de 50,62 e 52,07 kg ha⁻¹ de N, com as bactérias BR 3262 e UESB R1 (Figura 2.9).

Esses resultados diferiram de outros trabalhos, nos quais o uso da inoculação não influenciou no peso de cem grãos de cultivares de feijão-caupi (Silva e outros, 2011; Valadão e outros, 2009).

De modo geral, ambas as cultivares mantiveram seus padrões médios de massa de cem grãos específicos. No entanto, é importante destacar que o uso das bactérias reduziram a adubação nitrogenada exigida pela cultura, além disso, elas favoreceram superioridade em relação até mesmo ao tratamento de maior dose de nitrogênio.

Assim, o crescimento da parte aérea e radicular da planta é favorecido devido ao fato do nitrogênio estar diretamente ligado à constituição de proteínas, enzimas, coenzimas, ácidos nucleicos, fitocromos e pigmentos fotossintéticos que conseqüentemente, promovem o aumento da área fotossintética da planta e síntese de fotoassimilados que resultaram em maior enchimento dos grãos e produtividade.

Para produtividade de grãos das cultivares de feijão-caupi, verificou-se ajuste quadrático dos dados ($p \leq 0,05$) em função da adubação nitrogenada e inoculação (Figura 2.10).



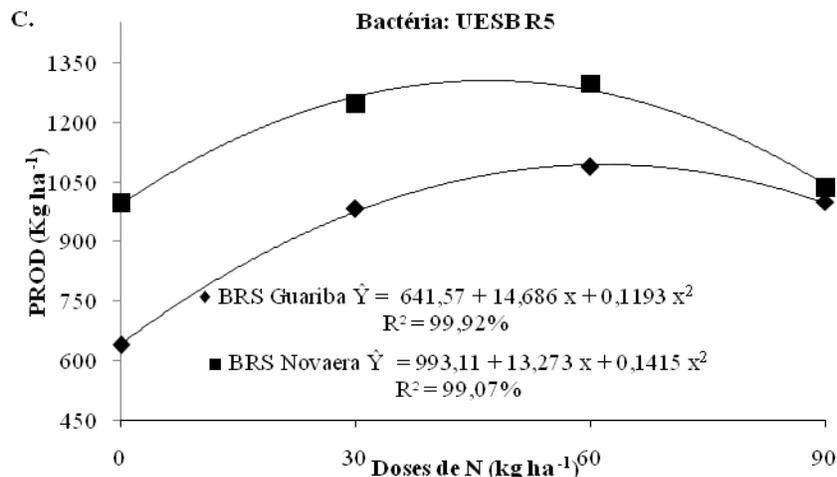


Figura 2. 10. Produtividade das cultivares de feijão-caupi BRS Novaera e BRS Guariba, por ocasião da colheita, sob efeito da inoculação de estirpes bacterianas BR 3262 (A), UESB R1 (B) e UESB R5 (C) e diferentes doses de N, Vitória da Conquista, BA, 2018.

Analisando a cultivar BRS Guariba, observa-se que os rendimentos de grãos foram obtidos em sua máxima produção, quando utilizadas as Bactérias BR 3262 (1049,73 kg ha⁻¹), UESB R1 (1038,04 kg ha⁻¹) e UESB R5 (1093,31 kg ha⁻¹) associadas à adição de adubação nitrogenada estimadas de 68,22, 74,43 e 61,50 kg ha⁻¹, respectivamente (Figura 2.10).

Por outro lado, ao avaliar a reposta da cultivar BRS Novaera a inoculação acrescida de adubação nitrogenada, pode-se indicar que para se obter a expressão máxima de produção de grãos são necessárias as doses de 90,50,95 e 46,89 kg ha⁻¹ de N, juntamente com adição das estirpes BR 3262, UESB R1 e UESB R5, para produzirem 1310, 1219 e 1305 kg ha⁻¹ de grãos (Figura 2.10).

Os resultados encontrados foram superiores à média nacional de produtividade do feijão-caupi 500 kg ha⁻¹(CRAVO E SOUZA, 2007). Do

mesmo modo que, trabalhos realizados também obtiveram respostas satisfatórias com a inoculação sobre a produtividade dos grãos (ZILLI e outros, 2009; MARTINS e outros, 2013) obtendo valores similares de rendimento para BRS Guariba (GUALTER e outros, 2007) e superior para Nova Era (CHAGAS JÚNIOR e outros, 2010).

Essa divergência de respostas de rendimento das cultivares está relacionada à quantidade de nutrientes disponíveis no solo, bem como a eficiência simbiótica das cepas inoculantes utilizadas no cultivo do feijão-caupi.

Vale destacar, que os tratamentos com uso apenas da inoculação como fonte de nitrogênio promoveram incrementos máximos na produção de grãos de 39,13 % (BR3262) para cultivar Guariba e de 65,76% (UESB R5) para a BRS Novaera, quando comparado ao controle. Demonstrando, mais uma vez como é vantajoso o uso de inoculantes como mais uma fonte que irá garantir o aporte de nitrogênio à lavoura.

Além disso, a estirpe nativa UESB R5 promoveu produção de 1247,22 kg há⁻¹ na dose de 30 kg ha⁻¹ de N, sendo superior à produção de grãos na maior dose de nitrogênio do controle. Esses resultados corroboram com afirmativa dos autores Brito e outros, (2011), que indicam o uso da inoculação na produção do feijão-caupi, podendo substituir parcialmente ou de forma total a adubação nitrogenada.

Os resultados indicam a eficiência dos isolados nativos quanto a FBN quando comparada ao tratamento controle, como também, vale destacar que o isolado nativo UESB R5 obteve superioridade em produção nas menores doses de nitrogênio aplicada, perdendo apenas para BR 3262 (inoculante comercial) no tratamento sem adubação nitrogenada, para cultivar Guariba.

De acordo com as produtividades obtidas em cada tratamento foram estimados a eficiência relativa de cada estirpe em cima do controle, a quantidade

de sacos produzidos por kg/de N e o lucro final da produção dos grãos (Tabela 2.4).

Tabela 2.4 - Lucro final obtido a partir da produtividade do feijão-caupi e a quantidade de nitrogênio gasto para cultivar BRS Guariba (cv1) e BRS Novaera (cv2) após inoculação com rizobactérias.

Bactérias	EFR (%)		Sacos produzidos por kg/ N gasto		Lucro final (R\$)	
	cv1	cv2	cv1	cv2	cv1	cv2
Controle	-	-	16,78/90kg	20,62/90kg	1425,5	1847,9
BR3262	37,44	4	17/ 68,22kg	22/90 kg	1551,42	1999,7
UESB R1	24,57	73,08	17,3/74,43kg	20,21/ 50,95kg	1555,42	1985,17
UESB R5	61,48	102,4	18,22/61,5kg	21,75/46,89kg	1717	2173,53

*EFR: eficiência relativa dos isolados em relação ao controle.

* Valor do kg de uréia: R\$ 4,67/

* Valor da saca de feijão caupi : R\$ 110,00

Analisando a eficiência relativa das estirpes, observa-se que a UESB R5, foi superior em ambas cultivares, resultando em maior quantidade de sacas produzidas com uso de menores doses de adubação nitrogenada.

Ao avaliar as doses de nitrogênio requeridas pelas cultivares para expressar sua maior produção em sacas, observa-se que a utilização da BRS Novaera foi superior a BRS Guariba quando submetidas a doses intermediárias de N.

Contudo, a produção superior em sacas de feijão-caupi da cultivar BRS Novaera (21 kg/46,89kg de N) pode ser inerente a fatores genéticos da planta, um vez que, a BRS Guariba possui grãos de menores tamanho.

Por outro lado, a BRS guariba produz maior quantidade de grãos por vagem de planta, o que também pode contribuir no aumento do peso das sacas. Desta forma, a maior produtividade atingida neste trabalho foi resultante da seleção e efetividade da planta e bactéria, que em perfeita simbiose, resultaram em maior rendimento de grãos.

Em síntese, é plausível o estudo da bactéria UESB R5 associado a cultivar BRS Novaera. Pois a inoculação deste isolado é economicamente viável, pois proporcionou maior produtividade, o que refletiu em maior lucro final, reduzindo custo para o produtor rural em relação ao uso de adubação nitrogenada.

2.4 CONCLUSÕES

- 1- As estirpes nativas de feijão-caupi promovem maior incremento nas características de crescimento da cultura quando submetidas as doses intermediárias e menores de adubação nitrogenada.
- 2- A estirpes nativas isoladas do feijão-caupi foram superiores nas características avaliadas quando comparadas a estirpe BR 3262 recomendada para cultura do feijão caupi.
- 3- A estirpe UESB R5 mostrou adequada para inoculação das sementes de feijão-caupi.
- 4- A maior produtividade para o feijão-caupi, foi obtida com uso da cultivar BRS Nova Era (2173,53 R\$) inoculada com a estirpe nativa UESB R5 associada a dose de 46,9 kg ha⁻¹ de N.

REFERÊNCIAS

ALVAREZ V., V.H. & RIBEIRO, A.C. Calagem. In: _____. **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5ª aproximação. Viçosa, MG, 1999. 359p.

ARGENTA, G.; SILVA, P.R.F.; SANGOI, F. Leaf relative chlorophyll content as na indicator parameter to predict nitrogen fertilization in maize. **Ciência Rural**, V. 34, n. 5, p. 1379-1387, 2004.

BARBOSA FILHO, M. P.; FAGEIRA, T. C. N.K.; MENDES, P. N. Época de aplicação de nitrogênio no feijoeiro irrigado monitorada com auxílio de sensor portátil. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 2, p. 425-431, 2009.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa nº 13, de 24 de março de 2011. Aprova as normas sobre especificações, garantias, registro, embalagem e rotulagem dos inoculantes destinados à agricultura, bem como as relações dos micro-organismos autorizados e recomendados para produção de inoculantes no Brasil, na forma dos Anexos I, II e III, desta Instrução. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, 25 mar. 2011. Seção 1, p.3-7.

BRITO, M. M. P.; MURAOKA, T.; SILVA, E. C. Contribuição da fixação biológica de nitrogênio, fertilizante nitrogenado e nitrogênio do solo no desenvolvimento de feijão e caupi. **Bragantia**, v. 70, n. 1, p. 206-215, 2010.

CAVALCANTE, A.C. P.; *et al.*; Inoculação das cultivares de feijão-caupi com estirpes de rizóbio. **Revista Ciências Agrárias**. v.60, n.1, p. 38-4, 2017.

CHAGAS JÚNIOR, A. F.; RAHMEIER, W.; FIDELIS, R. R., SANTOS do, G. R. e CHAGAS, L. F. B. Eficiência agrônômica de estirpes de rizóbio inoculadas em feijão-caupi no Cerrado, Gurupi-TO. **Revista Ciência Agronômica**; Fortaleza- CE, , v. 14, n. 4, p 709-714, 2010.

CONAB- **Companhia Nacional de Abastecimento**. Acompanhamento da safra brasileira de grãos: safra 2016/17, décimo levantamento, v. 4, n. 10. Brasília, DF, 2017. 170 p.

CRAVO; M.S.; SOUZA, B. D. L. Sistema de cultivo de feijão-caupi na Amazônia. In_____ **Workshop sobre a cultura de feijão-caupi em Roraima**. Boa Vista, RR: Embrapa Roraima, 2007, 88p.

DARTORA, J.; GUIMARÃES, V.F.; MARINI, D.; SANDER, G.; Adubação nitrogenada associada à inoculação com *Azospirillum brasilense* e

Herbaspirillum seropedicae na cultura do milho. **Rev. Brasileira de Engenharia Agrícola e ambiental**; Campina Grande, v. 17, n. 10, p. 1023-1029, 2013.

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

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; BARRETO, P. D.; SANTOS, C. A. A. Melhoramento genético. In: _____. **Feijão-caupi: avanços tecnológicos**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Teresina: Embrapa Meio Norte, 2005. p. 29-92.

FRIGO, G.R., **Feijão- caupi submetido as inoculação com rozóbio e cultivado em latossolo do Cerrado Matogrossense**. 2013. 69 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Federal do Mato Grosso, Rondonópolis – MT.

GIL, P. T.; FONTES, P. C. R.; CECON, P. R.; FERREIRA, F. A. Índice SPAD para o diagnóstico do estado de nitrogênio e para o prognóstico do estado de nitrogênio e para prognóstico da produtividade da batata. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n. 4, p. 611-615, 2002.

GODOY, L. J. G.; SANTOS, T. S.; VILLAS BÔAS, R. L.; LEITE JÚNIOR, J.B. Índice relativo de clorofila e o estado nutricional em nitrogênio durante o ciclo do cafeeiro fertirrigado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n. 32, p. 217-226, 2008.

GUALTER, R. M. R.; LEITE, L. F. C.; ALCANTARA, R. M. C. M., COSTA, D. B.; LIMA, S. S. Avaliação dos efeitos da inoculação de feijão caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] com *Bradyrhizobium elkanii*. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Cruz Alta, V. 2, n. 2, p. 637-640, 2007.

HUNGRIA, M. Nitrogen Fixation: From molecules to crop productivity. In: Internacional Congresso on nitrogen fixation, 112, 1999, Foz do Iguaçu, **Anais: Foz do Iguaçu: UFPN**, 1999, p.384.

LIMA, E. do V. *et al.* Adubação NK no desenvolvimento e na concentração de macronutrientes no florescimento do feijoeiro. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 58, n.1, p.125-129,2001.

MARTINS, L.M.; *et al.*; Contribution of biological nitrogen fixation to cowpea: a strategy for improving grain yield in the semi-arid region of Brazil. **Biology and Fertility of Soils**, v.38, p.333-339, 2003.

MARTINS, R. N. L.; *et al.*; Nitrogênio e micronutrientes na produção de grãos de feijão-caupi inoculado. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, V.34, n. 4, p.1577-1586, Jul./ago. 2013.

MORAIS de, R.R.; FONTES. J.R.A.; GONÇALVES, J.R.P.; **Estimativa dos teores de nutrientes foliares em feijão-caupi utilizando clorofilômetro**, Manaus-AM, (Embrapa Amazônia Ocidental-circular técnico) p.8, 2013.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: UFLA, 729p.; 2008.

NEVES, M. C. P, Interdependência fisiológica entre os componentes do sistema simbiótico. *Rhizobium*-leguminosa. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, V. 5, p. 79-92, 1981.

NEVES, O. S. C.; CARVALHO, J. G.; MARTINS, F. A. D.; PÁDUA, T.R.P.; PINHO, P.J. Uso do SPAD-502 na avaliação dos teores foliares de clorofila, nitrogênio, enxofre, ferro e manganês do algodoeiro herbáceo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 40, n. 5, p. 517-521, 2005.

OLIVEIRA, F.J., ANUNCIACÃO FILHO C.J.; BASTOS, G.Q.; REIS, O.V.; TEÓFILO, E.M. Caracteres agronômicos aplicados na seleção de cultivares de feijão-caupi. **Revista Ciência Agronômica**. V. 34, p. 5-11, 2003.

QUADROS, P. D. de. **Inoculação de *Azospirillum spp.* em sementes de genótipos de milho cultivados no Rio Grande do Sul.** 2009. 62 f. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

RODRIGUES, A.C.; *et al.*; Resposta da co-inoculação de bactérias promotoras de crescimento em plantas e *Bradyrhizobium sp.* em caupi. **Bioscience Journal**, V.28, Supplement 1, p. 196-203, 2012.

SCHOSSLER, J. H.; Rizzardi, D. A.; Michalovicz, L.; Componentes de rendimento e produtividade do feijoeiro comum submetido à inoculação e co-inoculação com estirpes de *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense*. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 17, n.1, p.10-15, out. 2016.

SILVA DA, V.N., SILVA DA, A.E.S DE, FIGUEIREDO, M. V. B. Atuação de rizóbios com rizobactéria promotora de crescimento em plantas na cultura do caupi (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.). **Acta Scientia Agronomic**, Maringá, V. 28, n. 3, p. 407- 412; 2006.

SILVA, F. A. de; *et al.*; Inoculação com bradyrhizobium e formas de aplicação de Cobalto e Molibdênio na cultura da soja. **Agrarian**, Dourados, v. 4, n. 12, p. 98-104, jun. 2011.

SILVEIRA, P. M. da; BRAZ, A. J. B. P.; DIDONET, A. D. Uso de clorofilômetro como indicador da necessidade de adubação nitrogenada em cobertura no feijoeiro, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 38, n. 9, p. 1083-1087, 2003.

SOUZA, C. L. C.; *et al.*; Variability and correlations in cowpea populations for green-grain production. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**. V.1, P. 262-269, 2007.

SOUZA, M.J.L.; *et al.*; Características agronômicas da mandioca relacionadas à interação entre irrigação, épocas de colheita e Cloreto de Mepiquat. **Acta Scientiarum Agronomy**, vol. 32, n. 1, p. 45-53,2010.

VALADÃO, F. C. A. de; *et al.*; Inoculação das sementes e adubações nitrogenada e molíbdica do feijoeiro-comum, em Rolim de Moura, RO. **Acta Amazonica**, v.39, n.4, p.741-748, 2009.

WILLEMS, A. The taxonomy of rhizobia: an overview. **Plant and Soil**, v.287, p.3-14, 2006.

XAVIER, T.F.; ARAÚJO, A. S. F. de ; SANTOS, V. B. dos; CAMPOS; F. L.; Ontogenia da nodulação em duas cultivares de feijão-caupi. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, p.572-575, 2007.

YADEGARI, M.; Inoculation of bean (*Phaseolus vulgaris*) seeds with *Rizobium phaseoli* and plant growth promoting rhizobacteria. **Advances in Environmental Biology**, v. 8, n. 2, p. 419-424, 2014.

ZHANG, W.T.; YANG, J.K.; YUAN, T.Y.; ZHOU, J.C. Genetic diversity and phylogeny of indigenous rhizobia from cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.]. **Biology and Fertility of Soils**, v.44, p.201-210, 2007.

ZILLI, J.E.; FERREIRA, E.P.B; NEVES, M.C.P.; RUMJANEK, N.G. Efficiency of fast-growing rhizobia capable of nodulating cowpea. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, 71(3): p.553-560, 1999.

ZILLI, J. E.; ET AL.;Eficiência simbiótica de estirpes de *Bradyrhizobium* isoladas de solo do Cerrado em caupi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, p.811-818, 2006.

ZILLI, J.E.; XAVIER, G.R.; RUMJANEK, N.G. **BR 3262: nova estirpe de Bradyrhizobium para a inoculação de feijão-caupi em Roraima**. Boa Vista: Embrapa Roraima, (Embrapa Roraima. Comunicado técnico, 10). 7p.; 2008.

ZILLI, J.E.; XAVIER, G.R.; MOREIRA, F.M.S.; FREITAS, A.C.R. &
OLIVEIRA, L.A. Fixação biológica de nitrogênio. In: _____. **A cultura do
feijão-caupi na Amazônia Brasileira**. Boa Vista, Embrapa Roraima, 2009.
p.185-221.

CAPÍTULO III

Nodulação e produtividade do feijão-caupi inoculado em resposta a adubação com molibdênio e Cobalto

RESUMO

O feijão-caupi, em simbiose com rizobactérias, é capaz de ter a sua exigência de nitrogênio satisfeita com a fixação biológica de nitrogênio que, por sua vez, é afetada pela deficiência de molibdênio e cobalto, visto que este nutriente faz parte da enzima nitrogenase, responsável pelo processo. Nesse sentido, pretende-se avaliar a influência da adubação com Mo-Co sobre a nodulação, crescimento e produção do feijão-caupi inoculado. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizados, em esquema fatorial 5 x 5, com cinco repetições. Os tratamentos foram constituídos de quatro bactérias, sendo três isolados nativos (UESB R1, UESB R2 e UESB R5) e o *Bradyrhizobium* (BR 3262) indicado para cultura do feijão-caupi. Associados a quatro doses do fertilizante líquido de Cobalto e molibdênio (30, 60, 90 e 120 mL ha⁻¹) e um controle não inoculado e sem adubação foliar. Aos 90 dias as plantas foram retiradas dos vasos para avaliação dos seguintes parâmetros: Altura de plantas, diâmetro do colmo, massa seca de parte aérea, número de nódulos, comprimento de vagem, número de grãos por vagem, massa de cem grãos e produtividade. Diante das análises dos dados, pode-se inferir que as variáveis avaliadas neste experimento para cultivar BRS Novaera, foram afetadas positivamente pela aplicação de Co e Mo, principalmente quando inoculado com as bactérias nativas. Inclusive na produtividade grãos, com aumentos de rendimento da cultura de até 54 % sob o controle.

Palavras-chave: *Vigna unguiculata* (L.), adubação foliar, nitrogenase.

ABSTRACT

The cowpea, with its biological combinations of nitrogen (FBN), is in turn affected by the deficiency of molybdenum (Mo) and cobalt (Co) which is the most important nutrient of the enzyme nitrogenase, by the process. Therefore, this research aimed to reach optimal levels of cobalt and molybdenum that offer a maximum response in the nodulation, growth and productivity of cowpea inoculated with rhizobia. The experimental design was completely accomplished, 5x5 factorial scheme, with five replications. The vessels were composed of four bacteria, three isolates (UESB R1, UESB R2 and UESB R5) one *Bradyrhizobium* (BR 3262), indicated for cowpea cultivation. Associated with four doses of commercial liquid fertilizer of cobalto e molibdênio (0, 30, 60, 90 and 120 mL ha⁻¹) and one control uninoculated and without fertilization with product. At 90 days the plants were removed from the pots for the proposition as: height, diameter, shoot dry mass, number of nodules, pod length, number of grains per pod, mass of one hundred grains and productivity. The variables of this research shows that to grow BRS Novaera were positively influenced by the application of Co and Mo, especially when inoculated with native bacteria. Even in the grain source, yield up to 54% under control.

Key words: *Vigna unguiculata* (L.), leaf fertilization, nitrogenase.

3.1 INTRODUÇÃO

A fixação biológica de N_2 (FBN) é reconhecidamente eficiente em feijão-caupi, quando bem nodulado, podendo substituir ou reduzir a quantidade de nitrogênio mineral utilizada, atingindo desta forma altas produtividades de grãos SOARES e outros, (2006; ALMEIDA e outros 2010; COSTA e outros 2011).

Entretanto, o sucesso para formação de uma simbiose funcional, é dependente de muitos fatores, tais como: físicos, nutricionais e biológicos HUNGRIA e outros, (1991).

Dentre os nutrientes, o nitrogênio tem o papel de maior relevância por ser o mais absorvido pela planta, além de atuar no crescimento, desenvolvimento e produtividade da planta.

No caso do aporte de N, via biológica, dois micronutrientes assumem papel preponderante, sendo tão importantes quanto à própria inoculação: o molibdênio (Mo) e o cobalto (CO) desempenham funções fundamentais nos processos bioquímicos que ocorrem no interior dos nódulos.

O molibdênio desempenha um papel de importância na nutrição das plantas, fazendo parte de duas metaloenzimas de relevância para FBN. É considerado o elemento-chave do centro ativo da nitrogenase, responsável pela transferência final dos elétrons para N_2 , além de atuar na redutase de nitrato, que catalisa a redução de NO_3 a NO_2 (LANTMANN, 2002, MENGEL; KIRKBY, 2001).

Do mesmo modo que, o cobalto é um micronutriente de importância para FBN, visto que ele sintetiza a cobalamina (vitamina B12), na qual participar das reações metabólicas que irão formar a leghemoglobina, cuja funcionalidade está ligada à regulação na concentração dos nódulos, impedindo a inativação da nitrogenase (MENGEL; KIRKBY, 2001).

Nesse contexto, o uso do Mo e Co sobre o crescimento, nodulação, fixação de N₂ e produtividade, tem sido alvo de estudos, principalmente, para cultura da soja (LEITE e outros, 2009; DOURADO e outros, 2012).

Entretanto, são escassos trabalhos reportando os efeitos destes micronutrientes no feijão-caupi. Nesse sentido, pretende-se avaliar a influência da adubação com Mo-Co sobre a nodulação, crescimento e produção do feijão-caupi inoculado.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi conduzido entre os meses de dezembro de 2017 a março de 2018, em vasos de 20 litros na área experimental pertencente a Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), *campus* de Vitória da Conquista, BA, cuja localização 14°51' de Latitude Sul e 40°53' de Longitude Oeste, em altitude média de 928 metros.

Os dados de precipitação, temperaturas máxima e mínima registrada durante o período de realização do ensaio estão apresentados na Figura 3.1.

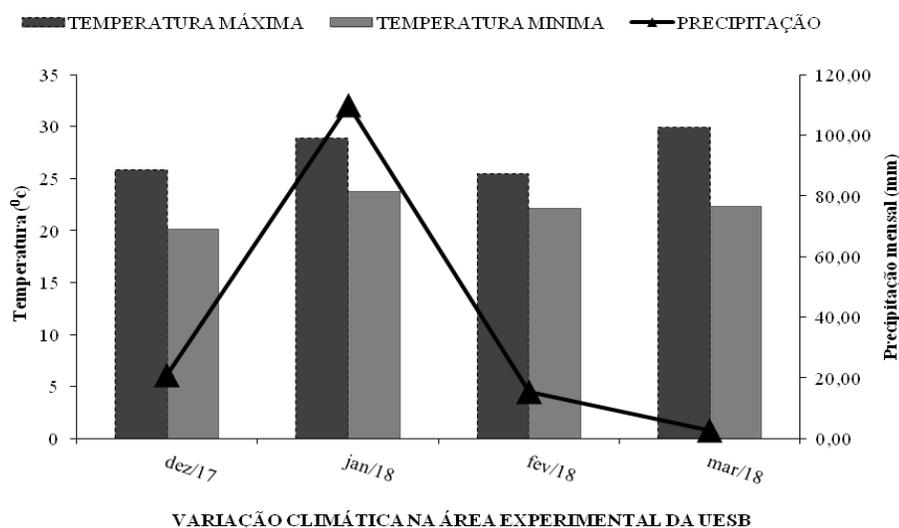


Figura 3.1- Precipitação pluvial e temperatura máxima e mínima da cidade de Vitória da Conquista –BA no período experimental de dezembro/2017 a Março/2018, registrados pela estação meteorológica da UESB.

No período de aplicação via foliar do micronutriente, a velocidade do vento estimada para as duas épocas foi de 7,56 km/h; com direção: nordeste e na segunda aplicação foi mesurada uma velocidade de 6,84 km/h; com direção: Leste. Sendo favorável para que não ocorresse deriva do produto em demasia.

Para realização do experimento o solo foi coletado na área experimental da UESB, proveniente do horizonte A de um Latossolo Amarelo distrófico típico, profundidade 0-20 cm, cujas características químicas e físicas estão descritas na tabela 3.1.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizados em esquema fatorial 5 x 5, com cinco repetições. Os tratamentos foram constituídos de quatro bactérias, sendo três isolados nativos (UESB R1, UESB R2 e UESB R5) um *Bradyrhizobium* (BR 3262) indicado para cultura do feijão-caupi e um controle não inoculado. Associados às doses do fertilizante líquido comercial de cobalto e molibdênio, constituído de: 23,55 g L⁻¹ de Co; 235,50 g L⁻¹ de Mo; densidade de 1,57 g mL⁻¹. Cujos tratamentos com a utilização do produto estão descritos abaixo:

- ✓ T 1- Testemunha sem aplicação de micronutriente – 0 mL ha⁻¹;
- ✓ T 2 - Cobalto (0,70g ha⁻¹), e Molibdênio (7,05 g ha⁻¹) – 30 mL ha⁻¹;
- ✓ T 3 - Cobalto (1,41 g ha⁻¹), e Molibdênio (14,10 g ha⁻¹) – 60 mL ha⁻¹;
- ✓ T 4 - Cobalto (2,11 g ha⁻¹), e Molibdênio (21,15 g ha⁻¹) – 90 mL ha⁻¹;
- ✓ T 5 - Cobalto (2,85 g ha⁻¹), e Molibdênio (28,2 g ha⁻¹) – 120 mL ha⁻¹.

A aplicação do fertilizante contendo os micronutrientes foi realizada 25 dias após emergência (DAE), via pulverização foliar, conforme a recomendação do produto.

Utilizou-se o pulverizador costal de pressão constante, à base de CO₂, equipado com barra tipo jato leque XR 110.02, trabalhando a uma altura de 0,5 m do alvo, com vazão de 160 l ha⁻¹ do produto, com pressão de 1,2 Bar. Para evitar a deriva e contaminação dos demais tratamentos, foi utilizada uma barreira física durante a aplicação.

Tabela 3.1- Características químicas e físicas do solo da camada arável (0-0,20m) para macronutrientes e micronutrientes do solo Latossolo Amarelo Distrófico típico

Atributos químicos ^{1,2}												
Prof.	*pH	M.O	P	K ⁺	H+AL	AL ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SB	T	V	m
m	H ₂ O	----mg.dm ⁻³ ----			-----cmol _c .dm ⁻³ -----					-----%-----		
0-0,20	5,6	17,20	2,0	70,38	3,1	0,1	1,6	0,8	2,6	5,1 8	51	4
				**Cu	Fe	Mn	Zn	S	B			
				-----mg.dm ⁻³ -----								
				0,58	34,99	4,02	0,16	1,80	0,10			
Atributos físicos												
Prof.					Areia	Silte		Argila				
m					-----g kg ⁻¹ -----							
0-0,20					740	55		205				

¹Resultados fornecidos pelo Laboratório de Análise de Solos FAAHFLAB; ²Extratores: Ca Mg e K e P Resina; B = boro: Cloreto de Bário, S = Enxofre: Ácido Fosfórico; micronutrientes: DTPA (ácido dietilenotriaminopentaacético) ; Matéria orgânica : Colotimétrico. *pH = acidez ativa, P= fósforo disponível, K⁺ = potássio disponível, Na⁺= Sódio Trocável, H⁺Al⁺³ = acidez potencial, Al⁺³= acidez trocável, Ca⁺= cálcio trocável, Mg⁺²= magnésio trocável, SB = soma de bases, CTC = capacidade de troca catiônica efetiva, V = saturação por bases, m = saturação por Al⁺³, M.O.= matéria orgânica. ** Micronutrientes: Cu = Cobre; Fe = ferro, Mn= manganês, Zn = zinco, S = enxofre, B = boro.

Para a correção do solo, foram seguidas as recomendações segundo a Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (ALVAREZ e RIBEIRO, 1999). Onde utilizou adubação nitrogenada com o fornecimento de 60 kg ha⁻¹ uréia, parcelado em duas aplicações, adubação fosfatada (P₂O₅) e potássica (K₂O) na dose de 80 e 30 kg ha⁻¹, utilizando como fontes o superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente. Essas adubações foram introduzidas em todos os tratamentos.

Para o isolamento das bactérias, foram utilizadas plantas de feijão-caupi cultivadas no campo da UESB, sem o uso de qualquer tipo de insumo. Em laboratório, os nódulos foram destacados das raízes, lavados e desinfetados. Em seguida, foi desenvolvida em laboratório de microbiologia do solo toda prática de isolamento e purificação de colônias bacterianas de rizóbios, até obtenção do material puro DÖBEREINER e outros (1999).

Posteriormente, foi possível produzir o inoculante com os isolados nativos para seu uso nas sementes de feijão-caupi, no qual foi baseado na seguinte fórmula: densidade (UFC por semente) = (quantidade de inoculante g ou mL × concentração do inoculante UFC) / número de sementes CHAGAS e outros, (2014).

Na semeadura foram utilizadas sementes de feijão-caupi BRS Novaera, submetida a todos os tratamentos de inoculação e adubação moblítica e cobáltica. Por conseguinte, foram semeadas em vasos a céu aberto, com capacidade de 20 litros de solo, depositando seis sementes em cada. Após quinze dias, foi feito o desbaste deixando duas plantas por vaso, no qual permaneceram por três meses.

Após esse período, foram retiradas as plantas do vaso, por inteiro, para avaliações de Altura de plantas(ALT), massa seca de parte aérea (MSPA), número de nódulos (NN), comprimento da vagem (CPV) e produtividade (PROD).

Para determinar a produção de massa seca, a parte aérea foi acondicionada em sacos de papel e levada à estufa de circulação forçada à 65°C. Para avaliação da produção de grãos, realizou-se a pesagem total das sementes de cada vaso, no qual os dados foram estimados para kg ha⁻¹, corrigidos para 13% de umidade.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e os dados agrupados pelo teste skott not e análise de regressão a 5% de probabilidade, com auxílio do *software* Sisvar 5.3 (FERREIRA, 2011).

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados indicam que para todas as características sob análise, houve efeitos significativos ($P < 0,05$) para bactérias (BAC), doses (D) e interação entre bactérias x doses de Mo-Co (B x D).

Verificou-se, ainda elevada precisão no controle ambiental uma vez que os coeficientes de variação experimental (CV) foram abaixo de 20% para todas as características.

Diante das diferenças significativas observadas para interação, diante ao desdobramento, procedeu-se as análises de regressão. As estirpes bacterianas e as doses molíbdica e cobáltica, causaram efeitos isolados ou combinados para a totalidade das características avaliadas.

A adubação com Co-Mo associada à estirpes nativas (UESB R2 e UESB R5) e de uso comercial (BR 3262) propiciou superioridade em crescimento, desenvolvimento e eficiência nodular, quando submetidos a maior dose da adubação com Co-Mo (120 mL ha^{-1}). Apenas a massa seca da parte aérea não foi responsiva as maiores doses, obtendo seu maior incremento em massa seca quando aplicada à dose de $62,7 \text{ mL ha}^{-1}$ (Figura 3.2).

Tabela 3.2. Resumo da análise de variância e coeficientes de variação para sete características associadas a cultivar de feijão-caupi BRS Nova era, em função da inoculação com as estirpes bacterianas UESB R1, UESB R2, UESB R5, *Bradyrhizobium* sp. BR 3262, e sob diferentes doses de adubação cobáltica e molíbdica. Vitória da Conquista-BA, 2018.

FV	GL	Quadrados médios					
		^{2/} ALT	MSPA	NN	CPV	M100G	PROD
^{1/} Bac	4	813,12*	655,27*	7923,77*	159,51*	53,01*	548024,2*
^{3/} Dose	4	176,51*	121,96*	1982,71*	28,25*	20,57*	554804,2*
Bac x Dos	16	17,75*	38,35*	230,39*	5,73*	2,22*	27043,97*
Resíduo	96	1,77	2,54	10,54	0,84	1,08	7061,8
CV (%)		4,63	5,95	6,4	6,33	5,20	6,99

* significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; ^{1/} BAC: Bactérias; ^{2/}ALT: altura, MSPA: matéria seca de parte aérea, NN: número de nódulos, CPV- comprimento de vagem, NGV- número de grãos por vagem, M100G – massa de cem grãos; PROD- produtividade. ^{3/} DOSES: 0,30,60, 90 e 120 mL ha⁻¹.

dados de altura de plantas apresentaram um comportamento quadrático na regressão, sendo que os isolados UESBR2 e UESBR5 proporcionaram o maior crescimento nas doses de 120 mL e 71,89 mL ha⁻¹ respectivamente, com altura de 36,5 e 35,87 cm (Figura 3.2 a). Estes resultados são semelhantes aos de Paulo (2013) que trabalhando com feijão-caupi obteve os maiores resultados em altura (30,31cm) quando se aplicou 63 ml ha⁻¹ molibdênio e 6 mL ha⁻¹ de cobalto.

Observa-se que as estirpes obtiveram comportamentos diferentes em função da dose de Co-Mo aplicada, ambas proporcionaram tamanhos semelhantes, porém foi o isolado UESB R2 que necessitou de maior quantidade do produto para obter a mesma resposta em crescimento que o isolado UESB R1.

Vale ressaltar que a incorporação de forma adequada de Co e Mo possivelmente iram atuar diretamente no crescimento e na área foliar da planta, uma vez que, espera-se o aumento na atividade da enzima nitrato redutase, em função de crescentes concentrações de molibdênio. Esse processo resultará em uma maior atividade da enzima rubisco (Fixadora do Co₂ atmosférico no processo fotossintético), que atua na produção de 50% da proteína foliar, resultando em uma maior atividade da redutase de nitrato, que irá contribuir com maior crescimento das plantas TRITAN e outros, (2007)

Analisando os teores de MSPA, observa-se que os resultados obtidos demonstram que o uso dos isolados possibilitou uma melhor produção de massa seca, em relação ao tratamento sem inoculação, quando submetidos a doses médias de Co-Mo (Figura 3.2 b).

Para essa variável, os dados foram ajustados ao modelo polinomial quadrático, no qual os isolados BR3262 e UESBR5 promoveram massas superiores (30,27 e 31,97 g) nas doses de 74 e 62,7 ml ha⁻¹, respectivamente

(Figura 3.2 b). Leite e outros (2009) também relataram incrementos em MSPA quando submetidas à doses de molibdênio.

Observa-se que, a partir da dose equivalente a 75 ml ha⁻¹ houve queda na produção de MSPA, esses resultados corroboram com outros autores que verificaram que altas concentrações de molibdênio apresentaram redução em teores de MSPA (GRIS, 2005; GUARESHI e PERIN, 2009).

Em contrapartida, vários estudos indicaram que a aplicação de cobalto não influenciou no acúmulo da MSPA, mesmo assim, não se descarta a influência deste micronutriente no processo de fixação biológica de N₂, visto que ele faz parte de reações metabólicas para formação da leghemoglobina, responsável pela eficiência nodular.

Vale destacar que a avaliação deste parâmetro é de suma importância, pois apresenta uma alta correlação com o nitrogênio total acumulado pelas plantas (BOHER e HUNGRIA, 1998; HUNGRIA e BOHRER, 2000; TOLLER e outros, 2009).

Além disso, os maiores valores de MSPA indicam maior assimilação de CO₂, por conseguinte, maior fotossíntese, essa que está diretamente ligada à produção da cultura (WULLSCHLEGER e OOSTERHURIS, 1990). Portanto, o aumento da MSPA pode ser um indicador de uma maior produtividade.

As diferenças na eficiência da FBN entre as estirpes, são resultados do número e da quantidade de tecido de nódulos formados DOBEREINER, (1966). Assim, o NN e a MSN devem ser usadas como indicadores na seleção de cultivares e/ou pares de simbiontes a maior susceptibilidade à infecção por bactérias do gênero *Rhizobium* (STAPLES; TOENNIESSEN, 1981).

O número de nódulos produzidos pela planta de feijão-caupi neste estudo, indica que a inoculação com a estirpe UESB R2 resultou em maior quantidade de nódulos, cujos dados apresentaram comportamento linear crescente, com 78 nódulos na dose de 120 ml ha⁻¹ (Figura 3.2 c).

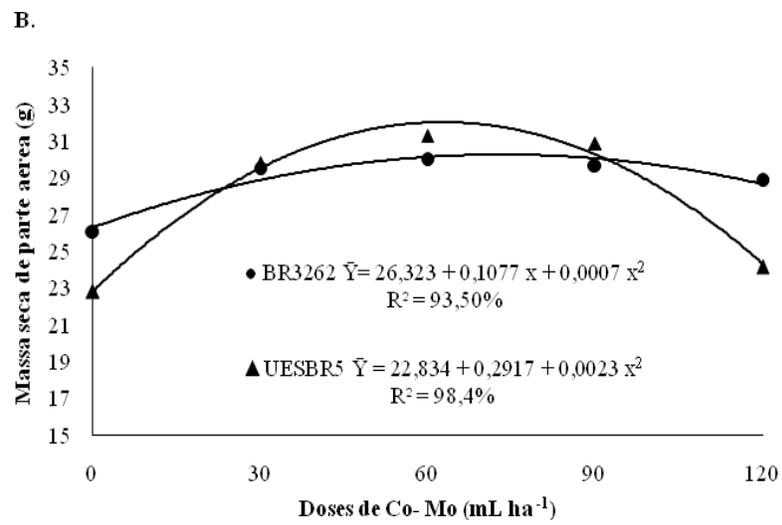
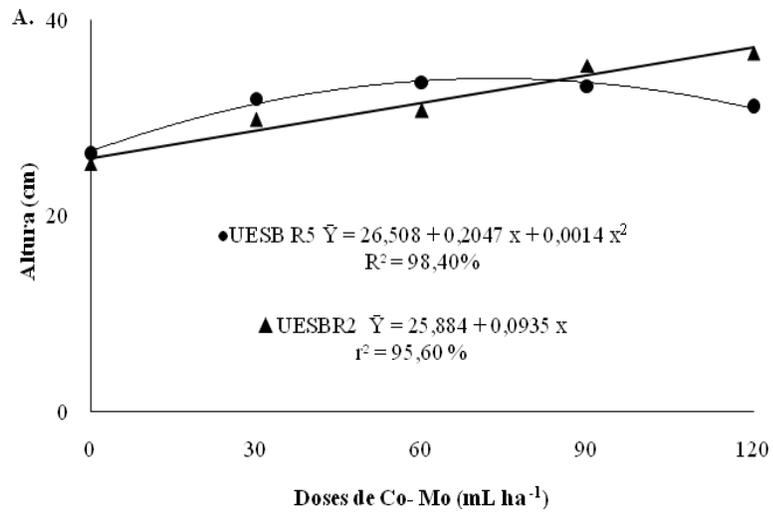
Esses resultados confirmam os obtidos por Dourado e outros (2012) que também verificaram acréscimo no número de nódulos ($79 \text{ nódulos. planta}^{-1}$) com aplicação de molibdênio e cobalto em soja. Do mesmo modo que, Gnatta (2006), avaliando diferentes doses de Co e Mo na soja, também obtiveram incrementos em número de nódulos por planta.

Por isso, esse resultado nos permitiu vislumbrar os efeitos positivos com aplicação de cobalto e molibdênio na nodulação. Podendo ser observado que a inoculação de estirpes nativas associadas à doses elevadas de Co-Mo possibilitaram uma maior eficiência simbiótica e nodular, indicando que existe importância dessas moléculas na produção e formação de nódulos.

Contudo, são necessários estudos para selecionar estirpes e cultivares que necessitem de doses menores para obter resultados superiores aos controles testados, principalmente, de resultados que possibilitam a otimização de uma metodologia aplicável de dose e inoculação, visando uso sustentável e econômico da tecnologia.

Avaliando as variáveis de produção: comprimento de vagem (CPV); massa de cem grãos (M100G) e produtividade (PROD), observa-se que a dose intermediária de 60 mL ha^{-1} de Co-Mo, foi suficiente para que as variáveis de CPV e M100G expressassem seu maior potencial, quando a cultura foi inoculada com os isolados UESB R1, UESB R2 e UESB R5. Contudo, para obter maiores rendimentos de grãos, foi necessária aplicação da dose máxima de Co-Mo (120 mL ha^{-1}).

A partir deste ponto, ao verificar o comportamento dos isolados em função das doses de Co-Mo em relação ao comprimento de vagens, nota-se que os dados se ajustaram a um modelo polinomial quadrático, atingindo seu ponto de máximo comprimento (17,7 e 16,95 cm) quando submetidos aos isolados UESB R1 e UESB R2, sob as doses estimadas de 73,02 e 41,76 mL ha^{-1} (Figura 3.3 a). Esses resultados são contrários aos encontrados por Silva e outros (2011).



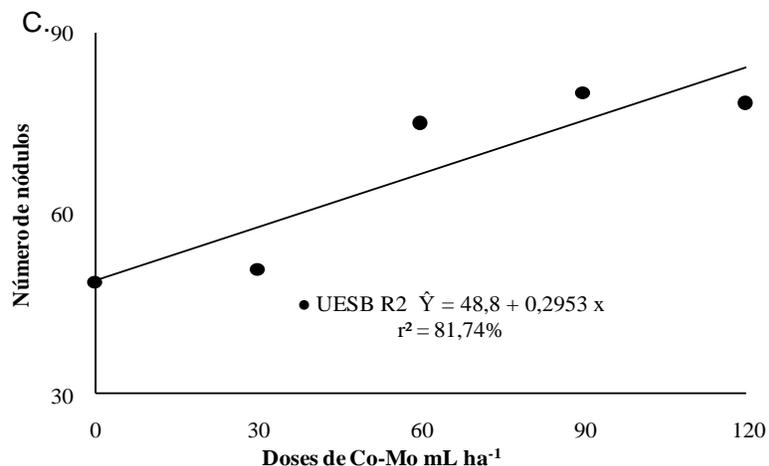


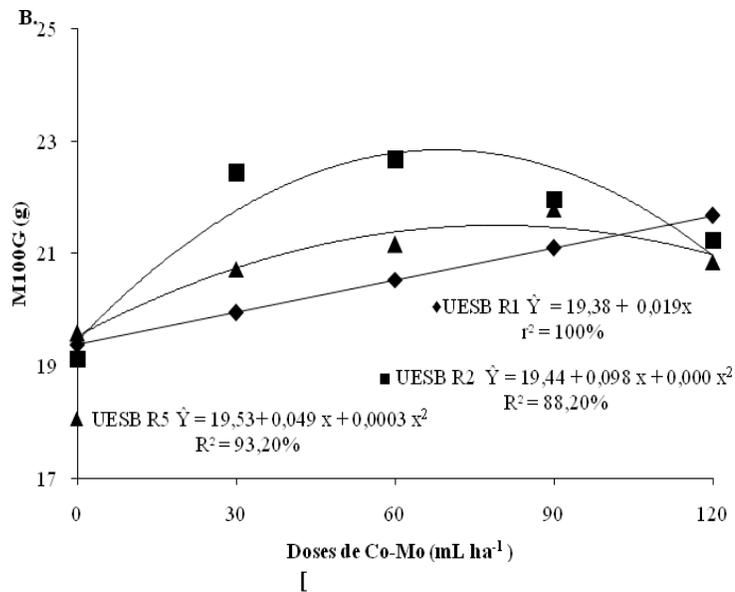
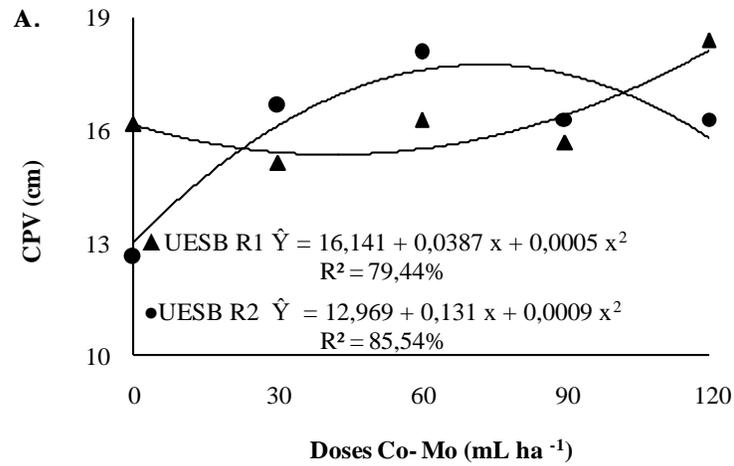
Figura 3.2- Altura (A), massa seca de parte aérea (B) , número de nódulos (C) de feijão-caupi inoculado com isolados nativos (UESB R2, UESB R5) e do *Bradyrhizobium* sp. BR 3262, associada à adubação de molibdênio-cobalto, em Vitória Conquista-BA, 2018.

É sabido que o comprimento de vagem é um componente inerente à característica genética da planta, contudo, diante dos resultados expostos é possível constatar que houve a influência da inoculação com bactérias juntamente com as doses do micronutriente. Do mesmo modo que fica evidente a diferença no comportamento e eficiência das bactérias diante das doses aplicadas.

Nota-se que a estirpe UESB R2 proporcionou tamanho similar a UESB R1, porém exigindo menor dose de Co-Mo para atingir tal incremento, demonstrando mais uma vez que, doses ajustáveis deste micronutriente associada à estirpes eficientes em FBN, resultam em maior expansão e crescimento dos componentes de rendimento da cultura do feijão-caupi.

Para a massa de cem grãos, constatou-se ajuste significativo dos dados a um modelo polinomial quadrático e valores máximos de peso de cem grãos

(21,50 e 22,49 g) que seriam obtidos teoricamente com as doses de 90,84, 74,80, 79,06 e 68,75 ml ha⁻¹ de Co-Mo, respectivamente (Figura 3.2 b,c).



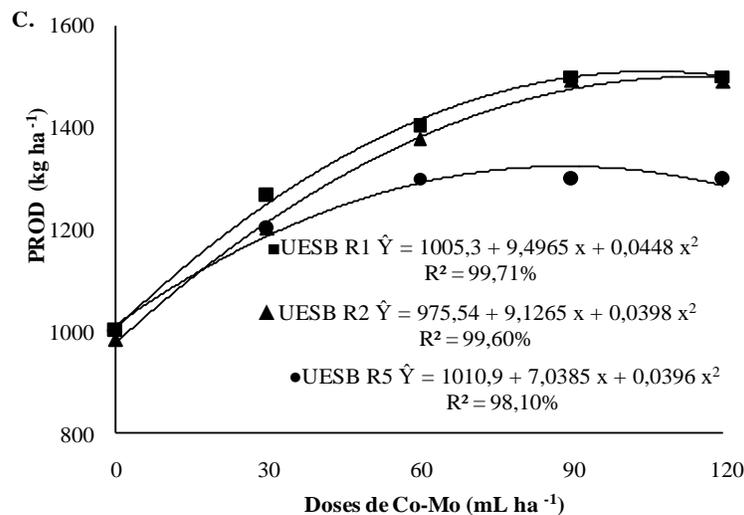


Figura 3.3- Comprimento de vagem (A), massa de cem grãos (B) e produtividade (C) de feijão-caupi inoculado com isolados nativos (UESB R1, UESB R2 e UESB R5), associada à adubação com cobalto e molibdênio, Vitória da Conquista - BA, 2018.

No entanto, a bactéria UESB R1 obteve comportamento diferenciado na presença do fertilizante a base de Co-Mo, no qual a massa de cem grãos aumentou linearmente de acordo com a elevação da dose, obtendo o ponto de máximo na dose de 120 ml ha⁻¹ (22,09 g).

Esses resultados divergem dos encontrados por Oliveira e outros, (2017) trabalhando com a cultura do feijão, não encontraram respostas significativas para o número de grãos por vagem em função da inoculação e das doses de Mo aplicadas via foliar. Sugerindo que por se tratar de uma característica de alta herdabilidade genética, dependente de cada cultivar TORRES e outros, (2014), ela seria pouco influenciada pelo ambiente ou por práticas culturais adotadas.

Em relação à massa de cem grãos Silva e outros (2011) também observaram que a aplicação de Co e Mo na soja aumentou significativamente o

peso referente a essa variável, independente da forma de aplicação, se foliar ou via semente. De modo similar, Coelho e outros (2001) verificaram aumento de 5% na massa de 100 sementes e 17% na produtividade do feijoeiro, com aplicação via foliar de 75 g ha⁻¹ de Mo.

Uma possível hipótese para resposta positiva da inoculação associada ao Co-Mo, está diretamente relacionada com atuação do molibdênio, como co-fator- ferro-molibdênio no complexo enzimático nitrogenase, no qual irá aumentar a eficiência da nitrogenase em disponibilizar compostos nitrogenados às plantas através da síntese da amônia fornecida por esses microrganismos, que irão resultar em maiores componentes de rendimento da cultura.

Além disso, o sucesso deve ser atribuído também pela eficiência das estirpes nativas em competição, estabelecimento e simbiose com a planta, possibilitando, assim, maior desenvolvimento da cultura como doses menores do que a indicada pelo produto para obter os mesmos resultados, ou até mesmo superiores.

De forma análoga, a produtividade foi aumentada (Figura 3.3 d) seguindo uma equação polinomial quadrática de acordo com as doses de Co-Mo, quando inoculado com as estirpes UESBR1, UESBR2 e UESBR5, cujo valores máximo de produção (1508,5; 1498,59 e 1323,79 kg ha⁻¹) foram atingidos nas doses de 105,96; 114,6 e 88,89 mL ha⁻¹, respectivamente.

Do mesmo modo que Leite e outros (2009), avaliando o efeito do fornecimento de molibdênio sobre a produtividade do feijão-caupi, verificaram que só foi possível atingir o rendimento máximo da produção (799 kg ha⁻¹) através da aplicação da dose de 63 ml ha⁻¹ de Mo.

Oliveira e outros (2017) também obtiveram aumento na produtividade, com uso de feijão inoculado, seguindo uma equação linear de acordo com os aumentos das doses de molibdênio, obtendo maior produção de grãos na dose máxima. Similarmente, Vieira e outros (2006) verificaram que a interação entre

inoculante e molibdênio afetou positivamente o rendimento da cultura do feijoeiro.

A produtividade alcançada, neste trabalho, é superior a média obtida do feijão-caupi para região do Nordeste (386 kg ha^{-1}), isto indica que a inoculação associada com aplicação do Co-Mo favoreceu o aumento da produção, possibilitando incremento de até 54% de produção sob o controle não inoculado. Reforçando a importância da adubação com Co-Mo associada à inoculação com rizóbios, visto que esse aumento da produtividade é consequência do maior acúmulo de nitrogênio na parte aérea.

De modo geral, pode-se inferir que o molibdênio por ser elemento chave do centro ativo da nitrogenase e o cobalto por atuar diretamente no processo de nodulação foi capaz de influenciar em todos componentes de crescimento e produção do feijão-caupi. Porém, são necessários estudos que proporcionem um protocolo de otimização que possa indicar a dose ideal de cobalto e molibdênio, bem como, avaliar o efeito de cada um isoladamente, visto que neste estudo eles foram aplicados de forma conjunta.

3.4 CONCLUSÕES

1. A inoculação com isolados nativos associadas à aplicação de Co-Mo promoveram incrementos no crescimento, desenvolvimento e produção do feijão-caupi.
2. A inoculação com isolado UESB R1 aliado a dose $105,96 \text{ mL ha}^{-1}$ de Co-M, promoveu a maior produtividade deste trabalho, com rendimento de grãos de $1508,5 \text{ kg ha}^{-1}$ de feijão-caupi BRS Novaera.
3. A aplicação da dose máxima de 120 mL ha^{-1} de Co-Mo, via pulverização foliar, no feijão-caupi BRS Novaera é economicamente viável.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, A. L. G. *et al.* Produtividade do feijão-caupi cv BR 17 Gurgueia inoculado com bactérias diazotróficas simbióticas no Piauí. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 5, n. 3, p. 364-369, 2010.

ALVAREZ V., V.H. & RIBEIRO, A.C. Calagem. In _____. **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5ª aproximação. Viçosa, MG, 1999. 359p.

BOHRER, T.R.J, HUNGRIA, M. Avaliação de cultivares de soja quanto à fixação biológica do nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária brasileira**, v.33, p.937-953,1998.

COELHO, F. C.; FREITAS, S. P.; MONERAT, P. H.; DORNELLES, M. S. Efeitos sobre a cultura do feijão das adubações com nitrogênio e molibdênio e do manejo das plantas daninhas. **Revista Ceres**, Viçosa-MG, v. 48, n. 278, p. 455-467, 2001.

COSTA, E. M.; NÓBREGA, R. S. A.; MARTINS, L. V.; AMARAL, F. H. C.; MOREIRA, F. M. S. Nodulação e produtividade de *Vigna unguiculata* (L.)

Walp. por cepas de rizóbio em Bom Jesus, PI. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, p. 1-7, 2011.

DOBEREINER, J. Evaluation of nitrogen fixation in legumes by the regression of total plant nitrogen with nodule weight. **Nature**, v.210, p.850-852, 1966.

DÖBEREINER, J.; Andrade, V. de O.; Baldani, V. L. D.; **Protocolos para preparo de meios de cultura da Embrapa Agrobiologia**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 1999. 38p.

DOURADO NETO, D. et al.; Adubação mineral com cobalto e molibdênio na cultura da soja. **Semina: Ciência Agrária, Londrina**, v. 33, suplemento 1, p. 2741-2752, 2012.

GRIS, E. P.; CASTRO, A. M. C.; OLIVEIRA, F. F. Produtividade da soja em resposta à aplicação de molibdênio e inoculação com *Bradyrhizobium japonicum*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 29, n. 151-155, p. 151-155, 2005.

GUARESCHI, R. F.; PERIN, A. Efeito do molibdênio nas culturas da soja e feijão via adubação foliar. **Gl. Scienci. Technology**, v. 2, n. 3, p.8-15, 2009.

HUNGRIA, M.; BARRADAS, C.A.; VALLSGROVE, R.M. Nitrogen fixation, assimilation and transport during the initial growth stage of *Phaseolus vulgaris* L. **Journal of Experimental Botany**, v.42, p.839-844, 1991.

HUNGRIA, M. BOHER, T. R. J. Variability of nodulation and dinitrogen fixation capacity among soybean cultivars. **Biology and Fertility of soils**, v.31, p. 45-52, 2000.

LANTMANN, A. F. **Nutrição e produtividade da soja com molibdênio e cobalto**. Brasília: Embrapa, 2002. (Coletânea Rumos e Debates). Disponível em: <<http://www.embrapa.br/imprensa/artigos/2002/artigo.2004-1207.2621259858/>>. Acesso em: 12 dez. 2017.

LEITE, L. F. C.; ARAÚJO, A. S. F.; COSTA, C. N.; RIBEIRO, A M. B. Nodulação e produtividade de grãos do feijão-caupi em resposta ao molibdênio. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 40, n. 4, p. 492-497, 2009.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition**. 5. ed. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2001. 849 p.

OLIVEIRA, C. A. B.; PELÁ, G. M.; PELÁ, A Inoculação com *Rhizobium tropici* e adubação foliar com Molibdênio na cultura do feijão comum. **Revista**

de Agricultura Neotropical, Cassilândia-MS, v. 4, Suplemento 1, p. 43-50, dez. 2017. ISSN 2358-6303.

PAULO, Fernanda Santana de. **Nodulação e desenvolvimento do feijão-caupi em função de diferentes doses de P, Co e Mo**. 2013. 58f. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Ciência do Solo). Instituto de Agronomia, Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica - RJ, 2013.

SILVA, F. A. de; *et al.*; Inoculação com bradyrhizobium e formas de aplicação de Cobalto e Molibdênio na cultura da soja. **Agrarian**, Dourados, v. 4, n. 12, p. 98-104, jun. 2011. ISSN 1984-2538. Disponível em: <<http://ojs.ufgd.edu.br/index.php/agrarian/article/view/829>>. Acesso em: 10 de julho. 2018.

SOARES, A. L. de *et al.* Eficiência agronômica de rizóbios selecionados e diversidade de populações nativas nodulíferas em Perdões (MG). I - caupi. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, n. 5, p. 795-802, 2006.

STAPLES, R.C.; TOENNIESSEN, G.R. **Plant disease control**. New York, Wiley, 1981. p.221-234.

TOLLER, E. V.; BÁRBARO, I.M.; BÁRBARO-JÚNIOR, L.S. Análise de parâmetros de fixação biológica de nitrogênio em cultivares comerciais de soja. **Nucleus**, v.6, n.1, 2009.

TORRES, H. R. M.; RIBEIRO, P. R. C. C.; RIBEIRO, J. J.; produtividade do feijão *phaseolus vulgaris* L. com aplicações crescentes de molibdênio associadas ao cobalto via foliar. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia-GO, v.10, n.18; p.2468-2481, 2014.

TRITAN, C. S.; FOLONI, J. S. S; SATO, A. M.; MENGARDA, C. A.; SANTOS, D. H.; Influência do molibdênio associado ao cobalto na cultura da soja, Aplicados em diferentes Estágios Fenológicos. **Colloquium Agrariae**, V. 3, n. 1, p.1-107, 2007.

VIEIRA, C. Adubação mineral e calagem. In: _____. **Feijão: aspectos gerais e cultura no Estado de Minas**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2006. p. 123-152.

WULLSCHLEGER, S. D.; OOSTERHUIS, D. M. Photosynthetic carbon production and use by developing cotton leaves and boll. **Crop Science**, Madison, v. 30, p. 1259-1264, 1990.