



**PARÂMETROS GENÉTICOS EM FEIJÃO-
CAUPI SOB DÉFICIT HÍDRICO, BACTÉRIAS
FIXADORAS DE NITROGÊNIO E
MICROORGANISMOS EFICAZES**

ARIANA LISBOA MEIRA

2017

ARIANA LISBOA MEIRA

**PARÂMETROS GENÉTICOS EM FEIJÃO-CAUPI SOB DÉFICIT
HÍDRICO, BACTÉRIAS FIXADORAS DE NITROGÊNIO E
MICROORGANISMOS EFICAZES**

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 Doutora.

Orientador: Cláudio Lúcio Fernandes Amaral

VITÓRIA DA CONQUISTA
BAHIA – BRASIL
2017

M451p Meira, Ariana Lisboa.

Parâmetros genéticos em feijão-caupi sob déficit hídrico, bactérias fixadoras de nitrogênio e microrganismo eficazes /Ariana Lisboa Meira, 2017.

172f.

Orientador (a): Dr. Cláudio Lúcio Fernandes Amaral.

Tese (doutorado) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Área de concentração Fitotecnia, Vitória da Conquista, 2017.

Inclui referência F. 169 – 172.

1. Feijão-caupi – Cultivo. 2. Feijão-caupi – Melhoramento genético
3. *Vigna unguiculata*. I. Amaral, Cláudio Lúcio Fernandes. II. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Área de concentração Fitotecnia. III. T.

CDD: 633.33

Catlogação na fonte: Cristiane Cardoso Sousa – CRB 5/1843

UESB – Campus Vitória da Conquista - BA

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA – UESB

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

Área de Concentração em Fitotecnia

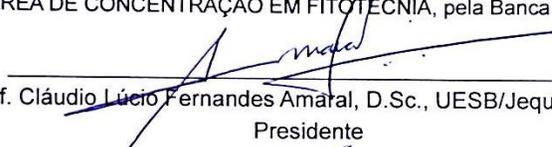
Campus de Vitória da Conquista - BA

DECLARAÇÃO DE APROVAÇÃO

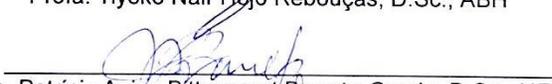
Título: "PARÂMETROS GENÉTICOS DE FEIJÃO-CAUPI SOB DÉFICIT HÍDRICO, BACTÉRIAS FIXADORAS DE NITROGÊNIO E MICRORGANISMOS EFICAZES".

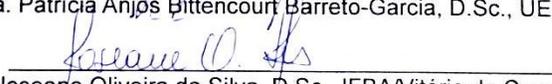
Autor: Ariana Lisboa Meira

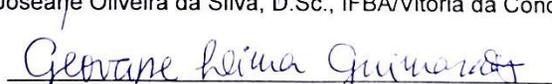
Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de DOUTORA EM AGRONOMIA, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM FITOTECNIA, pela Banca Examinadora:


Prof. Cláudio Lúcio Fernandes Amaral, D.Sc., UESB/Jequié
Presidente


Profa. Tiyoiko Nair Hojo Rebouças, D.Sc., ABH


Profa. Patrícia Anjos Bittencourt Barreto-Garcia, D.Sc., UESB


Profa. Joseane Oliveira da Silva, D.Sc., IFBA/Vitória da Conquista


Prof. Geovane Lima Guimarães, D.Sc., IFBaiano/Valença-BA

Data de realização: 21 de fevereiro de 2017.

Estrada do Bem Querer, Km 4 – Caixa Postal 95 – Telefone: (77) 3425-9383 – Fax: (77) 3424-1059
– Vitória da Conquista – BA – CEP: 45031-900

e-mail: ppgagronomia@uesb.edu.br

Aos meus pais, José Costa Meira e Creuza Maria Lisboa Meira, por sempre acreditarem incondicionalmente em meu potencial. Ao meu esposo, Nelson Soares dos Santos Júnior, por acreditar no meu crescimento profissional. À minha irmã, Daiane Lisboa Meira, pelo incentivo.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, por estar sempre presente em minha vida, guiando-me e me ensinando a superar os obstáculos.

Ao meu pai, José Costa Meira, pelo exemplo de vida e de superação; à minha mãe, Creuza Maria Lisboa Meira, por abdicar-se do seu trabalho para estar sempre presente na minha criação e na dos meus irmãos; a ambos, por me cercarem de amor, apoio e solicitude.

Ao meu esposo, Nelson Soares dos Santos Júnior, pelo amor, pela adaptação, compreensão, palavras de incentivo e encorajamento nas situações adversas recebidas ao longo desta caminhada, por estar sempre junto de mim e, muitas vezes, abdicando-se de sua família (mãe e filhos).

À minha sogra, Maria da Glória Menezes, pelo exemplo de fé, de simplicidade, de sabedoria, de juventude, de luta, tanto profissional quanto pessoal.

A todos os familiares, de perto e de longe, que acreditam no meu potencial, em especial, à minha irmã, Daiane Lisboa Meira, e à minha tia e madrinha, Maria de Lourdes Lisboa Malavasi, que torcem por mim e me admiram por estar sempre me aperfeiçoando profissionalmente.

Ao curso de Pós-graduação em Agronomia, pela oportunidade dada ao meu aprimoramento profissional.

À Fundação de Amparo ao Pesquisador do Estado da Bahia (FAPESB), pela concessão da bolsa de doutorado.

Ao professor DSc. Cláudio Lúcio Fernandes Amaral, pela orientação, pela disponibilidade, pelos conhecimentos adquiridos, pela confiança nos experimentos realizados.

Ao professor MSc. Divino Levi Miguel, pelo apoio e prontidão na execução dos experimentos.

À professora DSc. Raquel Pérez-Maluf, por ser a responsável pelo meu ingresso no curso de Pós-graduação em Agronomia, em nível de doutorado, e pelas palavras de incentivos nos momentos difíceis durante o doutorado.

À professora DSc. Maria Aparecida Castellani, por se prontificar na conquista da bolsa de doutorado.

Ao professor DSc. Ramon Correia de Vasconcelos, pelas críticas construtivas para meu aprimoramento profissional.

Ao professor DSc. Quelmo Silva de Novaes, pelo exemplo de dedicação à profissão.

Ao professor DSc. Anselmo Eloy Silveira Viana e à DSc. Gabriela Luz Pereira Moreira, pelo auxílio na estatística.

Ao professor MSc. Sandro Correia Lopes, por permitir a realização do estágio de docência.

Às professoras DSc. Tiyoko Nair Hojo Rebouças e DSc. Eliane Marisa Dortas Manffei, pela contribuição na melhoria do artigo referente à qualificação.

Às professoras DSc. Patrícia Anjos Bittencourt Barreto e DSc. Débora Leonardo dos Santos, por facilitarem a execução deste trabalho, cedendo, para tanto, o uso dos laboratórios, pelos quais são responsáveis.

À professora DSc. Joseane Oliveira da Silva, por permitir e facilitar a execução da primeira etapa deste trabalho, que foi realizada no IFBA (Instituto Federal da Bahia), *campus* de Vitória da Conquista.

Aos funcionários do IFBA, pelo auxílio na limpeza na casa de vegetação.

À mestranda Thays Moura Santana e ao doutorando Yuri Amorim Ferreira, por terem sido imprescindíveis na condução da primeira etapa deste trabalho. À contribuição do meu esposo, Nelson Soares dos Santos Júnior, que, algumas vezes, me ajudou aos sábados a irrigar o experimento, assim como à ajuda do discente Leandro Menezes na condução desta etapa.

À doutoranda, Joelma da Silva Santos, que foi indispensável para a realização da segunda e da terceira etapas, ensinando passo a passo a parte de inoculação com bactérias, sendo que, muitas vezes, deixava de realizar suas atividades para me auxiliar.

Ao graduando da Engenharia Florestal, Maurício, a Joelma, a mestranda Joseani Avila, pelo árduo trabalho na contagem dos nódulos na segunda etapa deste trabalho. A Thays e à doutoranda Tallita Paiva, pela mesma atividade na terceira etapa.

Às meninas guerreiras, Joelma, Josi, Tallita e Thays, que enfrentaram o sol escaldante em prol da pesquisa para me ajudarem na adubação e plantio do experimento no campo, como também pelo convívio e amizade construída durante esses anos.

Aos colegas do curso de pós-graduação: Aderson, Ana Paula, Arlete, Bruna, Cristina, Darlane, Erlani, Everardes, Flávio, Geraldo, Greice, Hellen Talitta, Ingrid, Jennifer, Joelma, Leandro, Olivia, Patrick, Raelly, Rayka, Romário, Tallita, Thiago e Ubiratan; pela convivência durante as disciplinas, nas angústias e nas alegrias, em relação às atividades e provas.

Aos funcionários da Diretoria de Campo Agropecuário (DICAP), pelos indispensáveis auxílios na execução deste trabalho, em especial, a Carlos (Dui), pela disponibilidade.

Ao pessoal do Campo Experimental, pela essencial ajuda na condução dos experimentos.

Aos membros da banca examinadora: as professoras Joseane, Patrícia e Tiyoko, ao professor Geovane Lima Guimarães, por contribuírem para a melhoria deste trabalho.

A todos que, direta e indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO GERAL

MEIRA, A.L. **Parâmetros genéticos em feijão-caupi sob déficit hídrico, bactérias fixadoras de nitrogênio e microrganismos eficazes.** Vitória da Conquista – BA: UESB, 2017. 170p. (Tese Doutorado em Agronomia: Área de Concentração em Fitotecnia)*

O feijão-caupi é uma leguminosa que enfrenta alguns entraves na Região Nordeste, tais como a escassez hídrica e aquisição de adubos nitrogenados. Diante desses problemas, foram avaliadas cultivares de feijão-caupi submetidas a níveis de irrigação e inoculação de sementes com bactérias fixadoras de nitrogênio (FBN), microrganismos eficazes (EM) e FBN/EM. O primeiro experimento foi conduzido na casa de vegetação, no Instituto Federal da Bahia (IFBA), *campus* de Vitória da Conquista, BA. Objetivou-se estimar parâmetros genéticos na seleção de cultivares de feijão-caupi de diferentes portes sob estresse hídrico, em cultivo protegido. Os tratamentos consistiram de 4 cultivares (BRS Pujante, BRS Guariba, BRS Marataoã e BRS Xique-xique), submetidas a 4 níveis de estresse hídrico (40; 60; 80 e 100 %) no delineamento experimental em blocos casualizados, com 4 repetições, compondo o fatorial 4 x 4. Foram realizadas avaliações de crescimento das plantas, semanalmente, entre o 22° e o 43° dias após a emergência (DAE); aos 75 dias, as avaliações referentes às variáveis de produção de grãos, massa seca da raiz (MSR) e índice de estresse hídrico. O segundo experimento foi conduzido na casa de vegetação na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), *campus* de Vitória da Conquista, BA, com o objetivo de estimar parâmetros genéticos em cultivares de feijão-caupi inoculados com EM e FBN em cultivo protegido. Os tratamentos consistiram de 2 cultivares (BRS Guariba e BRS Xique-xique) que obtiveram melhor desempenho no primeiro experimento, quando submetidas a 80 % da capacidade de campo. Essas cultivares foram submetidas a 4 tratamentos, quais sejam testemunha absoluta (com ausência de adubação e sem inoculação), testemunha relativa (adubação nitrogenada), inoculação com FBN, inoculação com EM e inoculação com FBN/EM, no delineamento experimental em blocos casualizados, com 4 repetições, compondo um fatorial 2 x 5. Foram realizadas as mesmas avaliações do primeiro experimento, exceto as referentes ao índice de estresse hídrico, acrescidas das avaliações referentes à nodulação, realizadas aos 35° DAE. O terceiro experimento foi conduzido na área experimental da UESB, com o objetivo de estimar parâmetros genéticos para a cultivar de feijão-caupi BRS Guariba inoculados com FBN e EM a campo. A cultivar BRS Guariba obteve melhor desempenho no segundo experimento. Essa cultivar foi submetida a 4 tratamentos, mencionados no segundo experimento, no delineamento

experimental em blocos casualizados, com 5 repetições e 5 tratamentos, compondo 25 parcelas. As avaliações foram mencionadas no experimento anterior. Nos três experimentos, para as variáveis que apresentaram diferença estatística entre as cultivares, foram realizadas as estimativas de parâmetros genéticos. No primeiro experimento, as variáveis altura da planta (AP), número de nós do ramo principal (NNRP), número de ramos laterais (NRL), diâmetro do caule (DC), florescimento inicial (FI), comprimento de vagem (CVag), número de grãos por vagem (NGV) e produtividade média (PM); no segundo experimento, as variáveis AP, número de vagem por planta (NVP), NGV, índice de grãos (IG), PM e MSR; no terceiro experimento, as variáveis NRL, número de folhas (NF) e IG. Estas demonstraram ser passíveis de fácil seleção pela alta variabilidade genética apresentada. As sementes inoculadas com FBN, EM e FBN/EM reduzem o custo de produção em relação à adubação nitrogenada (ureia).

Palavras-chave: *Vigna unguiculata* (L) Walp; estresse abiótico; FBN; EM; variáveis de produção.

* Orientador: DSc. Cláudio Lúcio Fernandes Amaral

ABSTRACT

MEIRA, A.L. **Genetic parameters in cowpea under water deficit, nitrogen fixing bacteria and effective microorganisms.** Vitória da Conquista – BA: UESB, 2017. 170p. (Thesis Doctorate in Phytotechny) *

Cowpea is a legume, which faces some obstacles in the Northeast, such as water scarcity and the acquisition of nitrogenous fertilizers. Against these problems, it was evaluated for cowpea cultivars submitted to irrigation levels and inoculation of seeds with nitrogen fixing bacteria (FBN), effective microorganisms (EM) and FBN / EM. The first experiment was conducted in the greenhouse at the Federal Institute of Bahia (IFBA), *campus* of Vitória da Conquista, BA. The aim of this work was to estimate genetic parameters in the selection of cowpea cultivars of different sizes under water stress in protected cultivation. The treatments consisted of 4 cultivars (BRS Pujante, BRS Guariba, BRS Marataoã and BRS Xique-xique), submitted to 4 levels of water stress (40; 60, 80 and 100 %) in a randomized complete block design, composing the factorial 4 x 4. Plant development evaluations were carried out weekly between the 22nd and 43rd days after the emergency (DAE); at 75 days, the evaluations related to the variables of grain production, dry mass of the root (DMR) and water stress index. The second experiment was conducted in the greenhouse at the State University of Southwest of Bahia (UESB), *campus* of Vitória da Conquista, BA. The aim of this work was to estimate genetic parameters in cowpea cultivars inoculated with EM and FBN in protected culture. The treatments consisted of 2 cultivars (BRS Guariba and BRS Xique-xique) which obtained better performance in the first experiment, when subjected to 80 % of field capacity. These cultivars were submitted to 4 treatments, being absolute control (with absence of fertilization and without inoculation), relative control (nitrogen fertilization), inoculation with FBN, inoculation with EM and inoculation with FBN / EM, in the experimental design in randomized blocks with 4 repetitions, composing a factorial 2 x 5. The same evaluations of the first experiment were carried out, except those referring to the water stress index, together with nodulation evaluations, carried out at 35 ° DAE. The third experiment was conducted in the UESB experimental area, with the aim of estimating genetic parameters for the BRS Guariba cowpea cultivar inoculated with FBN and EM in field. The cultivar BRS Guariba obtained better performance in the second experiment. This cultivar was submitted to 4 treatments, mentioned in the second experiment, in a randomized complete block design, with 5 replicates and 5 treatments, comprising 25 plots. The evaluations were mentioned in the experiment previous. In the three experiments, the genetic parameters were evaluated for the variables which presented statistical difference between the

cultivars. In the first experiment, the variables: plant height (PH), number of main branch nodes (NMBN), number of lateral branches (NLB), stem diameter (SD), initial flowering (IF), pod length (PL), number of grains per pod (NGP) and average productivity (AP); in the second experiment, the variables PH, number of pod per plant (NPP), NGP, grain index (GI), AP and DMR; in the third experiment, the variables NLB, number of leaves (NL) and GI. These ones have shown to be easy to select due to the high genetic variability presented. Seeds inoculated with FBN, EM and FBN/EM reduce the cost of production in relation to nitrogen fertilization (urea).

Key words: *Vigna unguiculata* (L) Walp; abiotic stress; FBN; EM; production variables.

* Adviser: DSc. Cláudio Lúcio Fernandes Amaral

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características de cultivares de feijão-caupi tolerantes ao estresse hídrico.....	31
--	----

Capítulo I - Parâmetros genéticos na seleção de cultivares de feijão-caupi de diferentes portes sob estresse hídrico em cultivo protegido

Tabela 1.1. Análise físico-química do solo coletado na UESB, realizada antes da instalação do experimento, no município de Vitória da Conquista – BA, 2015.....	64
---	----

Tabela 1.2 - Resumo da análise de variância para variáveis de crescimento, produção de grãos e índices referentes ao estresse hídrico, em cultivares de feijão-caupi. Vitória da Conquista-BA, 2015.....	70
--	----

Tabela 1.3 - Parâmetros genéticos para variáveis de crescimento, de produção de grãos e índices referentes ao estresse hídrico em cultivares de feijão-caupi, avaliadas para diferentes níveis de irrigação. Vitória da Conquista-BA, 2015	73
--	----

Tabela 1.4 - Variáveis de crescimento em cultivares de feijão-caupi. Vitória da Conquista –BA, 2015	76
---	----

Tabela 1.5 - Variáveis de produção de grãos em cultivares de feijão-caupi. Vitória da Conquista –BA, 2015	82
---	----

Tabela 1.6 - Estresse hídrico em cultivares de feijão-caupi submetidos a diferentes níveis de irrigação. Vitória da Conquista-BA, 2015	89
--	----

Capítulo II - Parâmetros genéticos em feijão-caupi com bactérias fixadoras de nitrogênio e microrganismos eficazes em cultivo protegido

Tabela 2.1- Análise físico-química do solo coletado na UESB, realizada antes da instalação do experimento, no município de Vitória da Conquista – BA, 2016.....	103
---	-----

Tabela 2.2 - Resumo da análise de variância para variáveis de crescimento, produção de grãos e referentes à nodulação em cultivares de feijão-caupi avaliados para diferentes tratamentos. Vitória da Conquista, 2016.....	109
Tabela 2.3 - Parâmetros genéticos para variáveis de crescimento, de produção de grãos e referentes à nodulação em cultivares de feijão-caupi avaliadas para diferentes tratamentos. Vitória da Conquista-BA, 2016.....	111
Tabela 2.4 - Estimativas das correlações fenotípicas (r_P), genotípicas (r_G) e ambiental (r_E) para variáveis de crescimento, produção de grãos e referentes à nodulação em cultivares de feijão-caupi avaliadas para diferentes tratamentos. Vitória da Conquista-BA, 2016.....	117
Tabela 2.5 - Variáveis de crescimento em cultivares de feijão-caupi. Vitória da Conquista-BA, 2016.....	122
Tabela 2.6 - Variáveis de produção de grãos em cultivares de feijão-caupi. Vitória da Conquista-BA, 2016.....	124
Tabela 2.7 - Variáveis de produção de grãos em cultivares de feijão-caupi submetidas aos diferentes tratamentos. Vitória da Conquista-BA, 2016.....	127
Tabela 2.8 - Variáveis referentes à nodulação em cultivares de feijão-caupi. Vitória da Conquista-BA, 2016.....	129
Capítulo III - Parâmetros genéticos em feijão-caupi inoculados com microrganismos eficazes e bactérias fixadoras de nitrogênio em campo	
Tabela 3.1- Análise química do solo coletado na UESB, realizada antes da instalação do experimento, no município de Vitória da Conquista – BA. Vitória da Conquista, 2016.....	144
Tabela 3.2 - Período de aplicação da lâmina de água, duração de aplicação e quantidade de água aplicada na área experimental em Vitória da Conquista-BA, 2016.....	145

Tabela 3.3 - Análise de variância para variáveis de crescimento, produção de grãos e referentes à nodulação em cultivar de feijão-caupi BRS Guariba, avaliadas para diferentes tratamentos. Vitória da Conquista-BA, 2016.....	152
Tabela 3.4 - Parâmetros genéticos para variáveis de crescimento e produção de grãos em cultivar de feijão-caupi BRS Guariba, avaliadas para diferentes tratamentos. Vitória da Conquista-BA, 2016.....	153
Tabela 3.5 - Estimativas das correlações fenotípicas (r_P), genotípicas (r_G) e ambiental (r_E) para variáveis de crescimento, produção de grãos e referentes à nodulação avaliadas em cultivar de feijão-caupi BRS Guariba para diferentes tratamentos. Vitória da Conquista-BA, 2016.....	157
Tabela 3.6 - Variáveis de crescimento em cultivar de feijão-caupi BRS Guariba, submetidas a diferentes tratamentos. Vitória da Conquista-BA, 2016	164
Tabela 3.7 - Variáveis de produção de grãos em cultivar de feijão-caupi BRS Guariba, submetidas a diferentes tratamentos. Vitória da Conquista-BA, 2016.....	165
Tabela 3.8 - Variáveis referentes à nodulação em cultivar de feijão-caupi BRS Guariba, submetidas a diferentes tratamentos. Vitória da Conquista-BA, 2016.....	167

LISTA DE FIGURAS

Capítulo I - Parâmetros genéticos na seleção de cultivares de feijão-caupi de diferentes portes sob estresse hídrico, em cultivo protegido

Figura 1.1 – Condução do experimento no IFBA de fevereiro a junho de 2015. A: Organização dos vasos; B: Cultura em crescimento. Vitória da Conquista-BA, 2015.....	63
Figura 1.2 – Determinação da capacidade de campo. A: imersão do vaso em água; B: retirada do vaso após 24 h; C: pesagem dos vasos. UESB, Vitória da Conquista-BA, 2015.....	65
Figura 1.3 – Determinação da quantidade de água. A: Cultivar BRS Pujante, 40 % da capacidade de campo; B: BRS Marataoã 80 % da capacidade de campo. IFBA. Vitória da Conquista-BA, 2015.....	66
Figura 1.4 - Variáveis de crescimento entre os diferentes níveis de irrigação para cultivares de feijão-caupi. A: Número de nós do ramo principal (NNRP) e diâmetro do caule (DC); B: Altura da planta (AP) e florescimento inicial (FI). Vitória da Conquista-BA, 2015.....	78
Figura 1.5 - Interação da variável florescimento inicial (FI) para as cultivares de feijão-caupi, submetidas aos diferentes níveis de irrigação. Vitória da Conquista-BA, 2015.....	81
Figura 1.6 - Variáveis de produção de grãos entre os diferentes níveis de irrigação para cultivares de feijão-caupi. Vitória da Conquista-BA, 2015. A: Número de vagem por planta (NVP) e número de grãos por vagem (NGV); B: Índice de grãos (IG) e produtividade (PROD); C: comprimento de vagem (CVag) e eficiência do uso de água (EUA). Vitória da Conquista-BA, 2015.....	84
Figura 1.7 - Interação número de vagem por planta (NVP) (A) e massa de cem grãos (MCG) (B), para as cultivares de feijão-caupi, submetidas aos diferentes níveis de irrigação. Vitória da Conquista-BA, 2015.....	87

Capítulo II - Parâmetros genéticos em feijão-caupi com bactérias fixadoras de nitrogênio e microrganismos eficazes em cultivo protegido

Figura 2.1 – A e B: Condução do experimento em casa de vegetação, no período de dezembro de 2015 a fevereiro de 2016. UESB, Vitória da Conquista-BA, 2016..... 102

Figura 2.2 – Meio de cultura para crescimento da bactéria. A: Inúmeras colônias de bactérias; B: Colônias de bactérias isoladas; C: Meio Manitol a 79 %. UESB. Vitória da Conquista-BA, 2016..... 104

Figura 2.3 – Retirada das raízes para avaliação do sistema radicular (A), nódulos (B) e parte aérea (C). UESB, Vitória da Conquista-BA, 2016..... 106

Figura 2.4 - Moagem da parte aérea (A e B), para determinar o nitrogênio total. UESB. Vitória da Conquista-BA, 2016..... 106

Capítulo III - Parâmetros genéticos em feijão-caupi inoculadas com microrganismos eficazes e bactérias fixadoras de nitrogênio em campo

Figura 3.1 - Médias mensais de precipitação total, temperatura máxima e temperatura mínima e umidade relativa no município de Vitória da Conquista – BA, no período de setembro a dezembro de 2016..... 145

Figura 3.2 – Croqui da área (A) e da parcela (B) do experimento conduzido em campo, na área experimental da Uesb, período de setembro a dezembro de 2016. Vitória da Conquista, 2016..... 146

Figura 3.3 – Plantio da cultivar BRS Guariba, na área experimental da Uesb, período de setembro a dezembro de 2016. Vitória da Conquista, 2016 147

Figura 3.4 – Adubação, plantio (A e B), inoculação de sementes com FBN (C), EM (D) e FBN/EM (E). Vitória da Conquista-BA, 2016..... 148

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

%	Percentual
μS	Microsimens
*	Significativo a 5 %
**	Significativo a 1 %
$^{\circ}\text{C}$	Grau Celsius
AP	Altura da planta
<i>b</i>	Relação CV_g/CV_e
BA	Bahia
BFNNL	Bactérias de nitrogênio nodulíferas de leguminosas
BRS GR	Guariba
BRS MR	Marataoã
BRS PJ	Pujante
BRS XX	Xique-xique
CF	Cor da flor
cm	Centímetros
cmol_c	Centimol de carga
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
Cult	Cultivares
CVag	Comprimento da vagem
CV (%)	Coefficiente de variação
CV_E	Coefficiente de variação ambiental
CV_G	Coefficiente de variação genotípica
CV_P	Coefficiente de variação fenotípica
DAE	Dias após emergência
DAP	Dias após o plantio
DC	Diâmetro do caule
dm	Decímetro
DMS	Diferença mínima significativa
dp	Desvio padrão
EC	Concentrado emulsionável
EM	Microrganismos Eficazes
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ENOD	Eficiência nodular
EUA	Eficiência do uso da água
FBN	Fixação Biológica de Nitrogênio
FI	Florescimento inicial
g	Gramas
GA	Ganho genético

GC	Grupo Comercial
h	Horas
h ²	Herdabilidade
H ₂ O	Água
ha	Hectare
IEP	Índice de estabilidade na produtividade
IFBA	Instituto Federal da Bahia
IFBaiano	Instituto Federal Baiano
IG	Índice de grãos
IITA	International Institute of Tropical Agriculture
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
IP	Índice de produtividade
IR	Índice de resistência
ISS	Índice de suscetibilidade à seca
IT	Índice de tolerância
K	Potássio
k	Constante de intensidade de seleção de 5 %
K ₂ O	Óxido de potássio
kg	Quilograma
L	Litro
m	Metros
m ³	Metros cúbicos
M5V	Massa de cinco vagens
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária, Abastecimento e Pesca
MCG	Massa de cem grãos
m _e	Média dos fenótipos avaliados
Mg	Megagrama
MG5V	Massa dos grãos de cinco vagens
mL	Mililitros
mm	Milímetro
MSN	Massa seca dos nódulos
MSPA	Massa seca da parte aérea
MSR	Massa seca da raiz
MO	Matéria orgânica
MS	Mato Grosso do Sul
N	Nitrogênio
n	Número de repetições
N ₂	Nitrogênio gasoso
NAPA	Nitrogênio acumulado da parte aérea
NF	Número de folhas
NG5V	Número de grãos de cinco vagens
NGV	Número de grãos por vagem

NH ₃	Nitrogênio amoniacal
NI	Níveis de irrigação
NNOD	Número de nódulos
NNRP	Número de nós do ramo principal
NPA	Nitrogênio da parte aérea
NRL	Número de ramos laterais
^{ns}	Não significativo
NVP	Número de vagem por planta
P	Fósforo
P ₂ O ₅	Óxido de fósforo
PCCE	Produtividade de cultivares em condições estressantes
PCCNE	Produtividade das cultivares em condições não estressantes
PE	Pernambuco
PI	Piauí
PM	Produtividade média
PMCCE	Produtividade média das cultivares em condições estressantes
PMCCNE	Produtividade média das cultivares em condições não estressantes
PRECTOT	Precipitação total
PROD	Produtividade
QMC	Quadrado médio das cultivares
QMR	Quadrado médio do resíduo
r _E	Correlação ambiental
R _e P	Região de plantio
r _G	Correlação genotípica
RP	Redução na produtividade
r _P	Correlação fenotípica
TA	Testemunha absoluta
TEMPMÁX	Temperatura máxima
TEMPMÍN	Temperatura mínima
TR	Testemunha relativa
UESB	Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
UFCI	Unidade Formadora de Colônia
UFC	Unidade Federal do Ceará
UR	Umidade relativa
V	Saturação de base
VE	Variância ambiental
VG	Variância genotípica
VP	Variância fenotípica

SUMÁRIO

1 Introdução Geral	23
2 Referencial Teórico	25
2.1 <i>Aspectos gerais sobre o feijão-caupi</i>	25
2.2 <i>Importância socioeconômica do feijão-caupi</i>	27
2.3 <i>Deficiência hídrica no feijão-caupi</i>	29
2.4 <i>Cultivares de feijão-caupi</i>	30
2.5 <i>Variáveis de crescimento</i>	33
2.6 <i>Variáveis de produção de grãos</i>	34
2.7 <i>Variáveis referentes ao índice de estresse hídrico</i>	35
2.8 <i>Estimativas de parâmetros genéticos e correlações</i>	37
2.9 <i>Microrganismos Eficazes (EM) e seu uso na agricultura</i>	39
2.10 <i>Bactérias fixadoras de nitrogênio em feijão-caupi</i>	42
2.11 <i>Variáveis referentes à nodulação</i>	44
Referências	45
CAPÍTULO I: PARÂMETROS GENÉTICOS NA SELEÇÃO DE CULTIVARES DE FEIJÃO-CAUPI DE DIFERENTES PORTES SOB ESTRESSE HÍDRICO, EM CULTIVO PROTEGIDO	59
Resumo	60
Abstract	61
1 Introdução	62
2 Material e Métodos	63
2.1 <i>Características avaliadas para variáveis de crescimento</i>	67
2.2 <i>Características avaliadas para variáveis de produção de grãos</i>	67
2.3 <i>Índices referentes ao estresse hídrico</i>	68
3 Resultados e Discussão	70
3.1 <i>Características avaliadas para variáveis de crescimento</i>	76
3.2 <i>Características avaliadas para variáveis de produção de grãos</i>	82
3.3 <i>Índices referentes ao estresse hídrico</i>	88
4 Conclusões	92

5 Agradecimentos	92
6 Referências	92

CAPÍTULO II: PARÂMETROS GENÉTICOS EM FEIJÃO-CAUPI COM BACTÉRIAS FIXADORAS DE NITROGÊNIO E MICRORGANISMOS EFICAZES EM CULTIVO PROTEGIDO 97

Resumo	98
Abstract	99
1 Introdução	100
2 Material e Métodos	102
<i>2.1 Características avaliadas para variáveis de crescimento</i>	107
<i>2.2 Características avaliadas para variáveis de produção de grãos</i>	107
3 Resultados e Discussão	109
<i>3.1 Estimativas de correlações fenotípicas, genotípicas e ambientais</i>	115
<i>3.2 Características avaliadas para variáveis de crescimento</i>	122
<i>3.3 Características avaliadas para variáveis de produção de grãos</i>	124
<i>3.4 Características avaliadas para variáveis referentes à nodulação</i>	129
4 Conclusões	131
5 Agradecimentos	131
6 Referências	132

CAPÍTULO III: PARÂMETROS GENÉTICOS EM FEIJÃO-CAUPI INOCULADOS COM MICRORGANISMOS EFICAZES E BACTÉRIAS FIXADORAS DE NITROGÊNIO EM CAMPO..... 139

Resumo	140
Abstract	141
1 Introdução	142
2 Material e Métodos	144
<i>2.1 Características avaliadas para variáveis de crescimento</i>	149
<i>2.2 Características avaliadas para variáveis de produção de grãos</i>	150
3 Resultados e Discussão	152
<i>3.1 Estimativas de correlações fenotípicas, genotípicas e ambientais</i>	156

3.2	<i>Características avaliadas para variáveis de crescimento</i>	163
3.3	<i>Características avaliadas para variáveis de produção de grãos</i>	165
3.4	<i>Características avaliadas para variáveis referentes à nodulação</i>	167
4	Conclusões	168
5	Agradecimentos	168
6	Referências	169

1 INTRODUÇÃO GERAL

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L) Walp.) é uma leguminosa herbácea, eudicotiledônea, autógama, anual, pertencente à família Fabácea. Possui elevado teor proteico e energético, fibras alimentares e minerais para a população humana; também é utilizado como forragem para alimentação animal, adubo verde e proteção do solo. Essa cultura tem grande importância socioeconômica para a região Nordeste do Brasil e constitui-se como uma das principais fontes geradoras de emprego e renda.

O Brasil é um dos maiores produtores de feijão-caupi, com uma produção superior a 362.400 Mg. A região Nordeste representou na safra de 2015/2016, 54,61 % dessa produção, no entanto o estado da Bahia produziu 36.900 Mg, que correspondem a apenas 18,65 % e 10,18 % da produção, respectivamente, da Região Nordeste e do Brasil (CONAB, 2017).

A baixa produção no estado da Bahia deve-se ao fato de o feijão-caupi ser cultivado basicamente em pequenas propriedades, como atividade de subsistência (BASTOS e colaboradores, 2012). Com baixo manejo de tecnologia, principalmente, em relação ao uso de fertilizantes químicos (SABOYA e colaboradores, 2013), de cultivares tradicionais com reduzido potencial produtivo e escassez hídrica (CARDOSO e RIBEIRO, 2006; MENDES e colaboradores, 2007; LEITE e colaboradores, 2009).

Uma alternativa para substituir o uso de fertilizantes químicos é a utilização da fixação biológica de nitrogênio (FBN), indispensável para a sustentabilidade da agricultura brasileira, com baixo custo econômico e impacto ambiental reduzido (HUNGRIA e colaboradores, 2007). Também o uso de microrganismos eficazes (EM) que, segundo Corales e Higa (2002), inoculados à planta, aumentam a diversidade e atividade microbiana no solo e nas plantas e,

consequentemente, reduzem espécies patogênicas e facilitam a síntese de nutrientes para o crescimento e a produção vegetal.

A deficiência hídrica é um dos fatores abióticos que reduzem a produtividade do feijão-caupi (MENDES e colaboradores, 2007), pois a necessidade de água da cultura varia de acordo com seu estágio de desenvolvimento (LIMA e colaboradores, 2006). É mínima na germinação e início da maturação de grãos e máxima durante a floração e formação de vagens (BASTOS e colaboradores, 2008).

Devido à importância da cultura para o Nordeste Brasileiro, é indispensável à realização de estudos que visem analisar o desempenho de cultivares desenvolvidas perante as limitações hídricas que ocorrem em diferentes estágios de desenvolvimento (NASCIMENTO e colaboradores, 2011), associadas ao uso de FBN e EM.

Existe também a necessidade de estimar os parâmetros genéticos e correlações que possibilitem realizar melhoramento através de seleção massal. Nesse contexto, o objetivo do trabalho foi avaliar os parâmetros genéticos em feijão-caupi sob déficit hídrico, bactérias fixadoras de nitrogênio e microrganismos eficazes.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Aspectos gerais sobre o feijão-caupi

O feijão-caupi pertence à ordem Fabales e família Fabaceae. Essa família tem dois gêneros importantes, no que diz respeito a feijão, *Phaseolus* e *Vigna*. O gênero *Phaseolus* é dividido em duas espécies, que são *Phaseolus vulgaris*, o feijão-comum, e *Phaseolus lunatus*, feijão-fava. O gênero *Vigna* é dividido em três espécies, as quais são *Vigna radiata*, feijão-mungo verde, *Vigna umbellata*, feijão-arroz, e *Vigna unguiculata*, feijão-caupi (GOMES, 2012).

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) é uma espécie amplamente distribuída no mundo, principalmente nas regiões tropicais, possivelmente, porque as condições edafoclimáticas são semelhantes às do continente Africano, de onde se origina essa cultura (BRITO e colaboradores, 2011). Na América Latina, foi introduzido no século XVI, pelos colonizadores espanhóis e portugueses, e, posteriormente, no Brasil, na Bahia, a partir de onde se expandiu para outros estados (FREIRE FILHO e colaboradores, 2011).

No Brasil, o feijão-caupi também é conhecido como feijão macassar, feijão de corda e feijão de moita (na Região Nordeste), feijão de praia (na Região Norte), feijão catador (na Bahia), feijão gurutuba (na Bahia e Norte de Minas Gerais), feijão trepa-pau (no Maranhão), feijão miúdo (na Região Sul) e feijão fradinho (na Bahia e no Rio de Janeiro). Em outros países, é denominado cumondá (em Guarani, no Paraguai), parotro (nos países latino-americanos de língua espanhola) e cowpea (nos Estados Unidos e Nigéria) (BARROS, 2010; GOMES, 2012).

É uma leguminosa anual, de ciclo curto, herbácea, eudicotiledônea. Apresenta porte ereto, semiereto, semirramador, prostrado ou semiprostrado e hábito de crescimento indeterminado (quando o ramo principal continua crescendo até o fim do ciclo e não produzindo a inflorescência terminal) ou

determinado (quando a planta para de crescer após a emissão da inflorescência na extremidade da haste principal) (FREIRE FILHO e colaboradores, 2005). A germinação é epígea, com os cotilédones inseridos no primeiro nó do ramo principal (DONÇA, 2012).

A planta é constituída de uma haste principal, de onde se originam os ramos laterais (que emergem das axilas das folhas) e os ramos primários (surgirão os ramos secundários), e, assim, sucessivamente (FREIRE FILHO e colaboradores, 2005). As folhas compostas são alternadas e trifoliadas, longopeciouladas, têm cor verde-escuro, porém o primeiro par de folhas é simples e oposto. As hastes são estriadas, geralmente, lisas; às vezes, de cor roxa (DONÇA, 2012).

As flores são hermafroditas e autopolinizadas, têm coloração branca, amarela, rosa, azul pálida ou roxa. Abrem-se pela manhã e se fecham por volta do meio-dia. A inflorescência ocorre no ápice do pedúnculo, e de uma a três flores transformam-se em frutos, e as demais abortam (DONÇA, 2012). A propagação por sementes e a semeadura são feitas diretamente no campo (KUROZAWA, 2007).

Os frutos são do tipo vagem, de forma cilíndrica, retas ou curvadas, com comprimento que varia de 18 a 30 cm. As sementes variam de acordo com a cultivar quanto à coloração (branco, preto, cores e misturado), forma (arredondada, ovalada, elíptica, reniforme, losangular, quadrangular e comprimido) e tamanho, características essas de importante valor comercial (FREIRE FILHO e colaboradores, 2011).

O sistema radicular é axial; possui raiz principal e muitas raízes laterais, que se espalham na camada superficial do solo. Porém, as raízes podem atingir profundidade de até 2 m; é uma planta considerada resistente à seca. Suas raízes apresentam nódulos, que fixam nitrogênio, em virtude da associação com bactérias nitrificadoras do solo (DONÇA, 2012).

A precipitação mínima exigida para a espécie é de 300 mm. São consideradas aptas para a implantação dessa cultura as regiões onde os índices pluviométricos oscilaram entre 250 e 500 mm anuais (ANDRADE JÚNIOR e colaboradores, 2003).

A temperatura para que o feijão-caupi obtenha bom desenvolvimento oscila entre 18 (mínima) e 34 °C (máxima), sendo que, abaixo de 18 °C, afeta a produtividade, adiando o aparecimento de flores e aumentando o ciclo da cultura. Acima de 34 °C ocorre o abortamento de flores, o que afeta o número de grãos por vagem e pode contribuir para a ocorrência de várias doenças, especialmente aquelas associadas às altas umidades relativas do ar (ANDRADE JÚNIOR e colaboradores, 2003).

2.2 Importância socioeconômica do feijão-caupi

O feijão-caupi fornece grãos de alto valor nutritivo; contém todos os aminoácidos essenciais e é excelente fonte de proteína (25 %), carboidratos (62 %), vitaminas e minerais, fibras dietéticas e tem baixa quantidade de gordura (2 %) (ANDRADE JÚNIOR e colaboradores, 2003; SANTOS e colaboradores, 2008). Seu cultivo é destinado à produção de grãos (secos ou verdes), na forma de conserva ou desidratado, para o consumo humano. Para alimentação animal, é utilizado como forragem verde, feno, ensilagem e farinha (DUTRA e TEÓFILO, 2007).

Seu valor não limita apenas à alimentação humana e animal; o feijão-caupi é utilizado também como adubação verde e cobertura do solo, pois seus resíduos em decomposição possibilitam a melhoria na fertilidade do solo (FREIRE FILHO e colaboradores, 2005; DUTRA e TEÓFILO, 2007). Outro benefício quanto à melhoria da fertilidade do solo é a fixação de nitrogênio, que ajuda a aumentar a produtividade de culturas de cereais quando cultivadas em rotação (GÓMEZ, 2004).

É uma cultura geradora de emprego e renda; no período de 2005 a 2009, foi cultivada uma área de 1.391.386 ha, e foram produzidas 513.619 Mg de feijão-caupi; considerando que cada hectare gere 0,8 emprego ano⁻¹, supondo que o consumo per capita de 18,21 kg pessoa⁻¹ano⁻¹(AGRIANUAL, 2009) e o preço mínimo da saca de 60 kg de R\$ 80,00 (HETZEL, 2009), verificou-se que a cultura do feijão-caupi gerou, em média, 1.113.109 empregos em um ano, produziu alimento para 28.205.327 milhões de pessoas e gerou uma produção anual no valor de R\$ 684.825.333 (FREIRE FILHO e colaboradores, 2011).

Em 2011, os maiores produtores de feijão-caupi foram: Nigéria (1,8 milhões de toneladas), Níger (1,5 milhão de toneladas), Burkina Faso (440 mil toneladas), Myanmar (220 mil toneladas), Tanzânia (170 mil toneladas), Camarões (150 mil toneladas) e Mali (130 mil toneladas) (WANDER, 2013). Segundo o mesmo autor, em países como Índia, Myanmar e Brasil, há uma presença significativa de feijão-caupi nas estatísticas de feijões, nas quais estão incluídos feijão-caupi e feijão comum. Para Freire Filho e colaboradores (2011), o Brasil sobressai-se entre os principais países exportadores, e os países da Europa e da Ásia, os principais importadores.

No Brasil, na safra 2015/2016, foram produzidas 362.410 Mg em 1.249.000 ha. A produtividade média do feijão-caupi foi de 1087 kg ha⁻¹, e o Nordeste representou 64,4 % dessa produtividade. Na Bahia, a safra de 2015/2016 foi de 36.900 Mg (CONAB, 2016). No município de Vitória da Conquista, a produtividade foi de 67 kg ha⁻¹, referente à safra de 2012 (AURAS & AMÂNCIO, 2015).

Essa baixa produção é devida ao seu cultivo ser realizado na região semiárida, na qual outras culturas não se desenvolvem satisfatoriamente (ALCÂNTARA e colaboradores, 2013). Nessas regiões, há limitações técnicas (como uso de cultivares inadequadas, baixa fertilidade do solo, ausência de

controle fitossanitário), falta de crédito e das condições climáticas (chuvas insuficientes e mal distribuídas) (ABADASSI, 2015).

2.3 Deficiência hídrica no feijão-caupi

As plantas respondem de maneiras diferentes em relação ao estresse hídrico, através do retardo da desidratação (capacidade da planta em manter a hidratação de seus tecidos), tolerância à desidratação (planta tem dificuldade em manter seu metabolismo enquanto desidratada) e escape da seca (espécies que completam seu ciclo durante a estação úmida, antes do início da seca) (NASCIMENTO e colaboradores, 2011).

Esses mesmos autores mencionam que o comportamento das plantas face às condições de estresse hídrico varia de acordo com a espécie, cultivar, tempo de exposição e fatores edáficos; não há uma única variável que seja indicativa de tolerância à seca.

O estresse hídrico tem efeito em diversas características fisiológicas das plantas (MENDES e colaboradores, 2007; ENDRES e colaboradores, 2010). De acordo com Mendes e colaboradores (2007), a avaliação das plantas quando submetidas à deficiência hídrica nas fases vegetativa e reprodutiva demonstra que as cultivares de *V. unguiculata* sofrem reduções significativas no potencial hídrico foliar, condutância estomática e transpiração foliar. Em consequência, são provocadas alterações nas propriedades das membranas, aumento da respiração, inibição da fotossíntese, diminuição da produção de matéria seca, surgimento de senescência prematura e redução da produção (DUARTE e colaboradores, 2013).

A deficiência hídrica, que é condição comum no Nordeste do País, é um dos entraves que reduzem a produtividade de *V. unguiculata* (MENDES e colaboradores, 2007); a necessidade de água varia de acordo com o seu estágio de desenvolvimento: é mínima na germinação e máxima na floração e formação

de vagens, e decresce a partir do início da maturação (LIMA e colaboradores, 2006; BASTOS e colaboradores, 2008).

Apesar das limitações quanto à disponibilidade hídrica, a cultura adaptou-se em diferentes regiões, tipos de clima e sistemas de produção (BEZERRA e colaboradores, 2008; SOUZA e colaboradores, 2011), pela sua rusticidade (TEIXEIRA e colaboradores, 2010).

2.4 Cultivares de feijão-caupi

As cultivares de feijão-caupi apresentam características morfofisiológicas e genéticas inerentes e respondem de maneira diferenciada às condições edafoclimáticas do local. Nesse contexto, trabalhos foram desenvolvidos com linhagens e variedades, os quais indicam as mais adaptadas para as condições de cada região (SANTOS e colaboradores, 2009; ALMEIDA e colaboradores, 2014; SILVA e colaboradores, 2014).

A participação crescente de *V. unguiculata* no cenário global exige novos empreendimentos, tanto na introdução de novas tecnologias que possam otimizar o potencial genético da espécie quanto do ponto de vista do melhoramento vegetal, a partir da variabilidade genética disponível, a fim de serem produzidos genótipos adaptados a diferentes regiões e ecossistemas brasileiros (XAVIER e colaboradores, 2005).

Para obter a cultivar adaptada em diferentes regiões, é necessário reunir as características agronômicas desejadas de outras cultivares em uma única planta, por meio de manipulação genética. Como as exigências dos produtores, comerciantes e consumidores são constantes, é indispensável o aperfeiçoamento da produtividade e da qualidade de novas cultivares, obtidas a partir de um trabalho permanente de seleção (ANDRADE JÚNIOR e colaboradores, 2003).

Cultivares adaptáveis às condições de menor disponibilidade hídrica, bem como a solos de baixa fertilidade, são alternativas à produção de grãos em

regiões onde o risco climático não possibilita o cultivo dos feijões do gênero *Phaseolus* sp (FREIRE FILHO e colaboradores, 2005).

Dentre as cultivares adaptáveis, pode-se mencionar as cultivares BRS Guariba, BRS Marataoã, BRS Pujante e BRS Xiquexique, que apresentam características diferenciadas, com hábito de crescimento indeterminado (Tabela 1).

Tabela 1 – Características de cultivares de feijão-caupi tolerantes ao estresse hídrico.

	BRS Guariba	BRS Marataoã	BRS Pujante	BRS Xiquexique
Ciclo (DAE) ²	65-70	70-75	70	65-75
Porte ¹	Semiereto	Semiprostrado	Semiramador	Semiprostrado
MCG (g) ¹	19,5	15,5	24,8	16,5
GC ²	Branco	Sempre-verde	Marrom a sempre verde	Branco
CF ¹	Branca	Roxa	Roxa	Branca
CVag (cm) ¹	17,8	18,0	18,4	20,0
NGV ¹	12	15	13,5	16
FI (dias) ²	41	42	48	40-45
PROD (kg ha ⁻¹) ¹	1508	831	1058	1254
R _e P ¹	PI, MA	PI, PB, BA	BA, PE	N, NO, CO

DAE – Dias após emergência; MCG – Massa de cem grãos; GC – Grupo comercial; CF – Cor da flor; CVag – Comprimento de vagem; NGV – Número de grãos por vagem; FI – Florescimento inicial; PROD – Produtividade de grãos; R_eP – Região de plantio; PI – Piauí; MA – Maranhão; PB – Paraíba; BA – Bahia; PE – Pernambuco; N – Norte; NO – Nordeste; CO – Centro-Oeste. Fonte: Freire Filho e colaboradores, 2011¹; Santos, 2011².

A cultivar BRS Pujante foi obtida do cruzamento entre a linhagem TE90180-26F (TE86-75-57E x TEx69E) com a cultivar Epace 10 (Seridó x TVu1888). Esse cruzamento foi realizado na Embrapa Semiárido, Petrolina, PE, em 1995. As gerações segregantes foram conduzidas pelo método genealógico até a geração F6, quando foi selecionada a PC 95-05-12-2-2. Esta foi avaliada

em ensaio preliminar em 1997, na Estação Experimental de Bebedouro, Petrolina, PE, em dez ensaios de competição nos anos de 2004 e 2005, no estado da Bahia e no de Pernambuco (SANTOS, 2011).

A cultivar BRS Guariba foi obtida do cruzamento entre as linhagens IT85F-2687 (International Institute of Tropical Agriculture-IITA da Nigéria) e TE87-98-8G (Programa de Melhoramento Genético de Feijão-Caupi da Embrapa Meio-Norte, em Teresina, PI). Esse cruzamento foi realizado em Teresina-PI, e as gerações segregantes de F2 e F6 foram conduzidas pelo método de descendência de uma única vagem. A linhagem foi avaliada em ensaios da região, entre os anos 2000 e 2003; e, posteriormente, esses ensaios foram incluídos na Rede Nacional de Ensaios Avançados, onde foi avaliada em diferentes estados do País (GONÇALVES e colaboradores, 2009).

A cultivar BRS Marataoã foi obtida do cruzamento entre a cultivar Seridó (Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará) com a linhagem TVx1836-013J (International Institute of Tropical Agriculture - IITA, em Ibadan na Nigéria). Esse cruzamento foi realizado na Embrapa Arroz e Feijão, em Goiânia - Goiás, em 1990. No ano seguinte, a geração F2 foi conduzida à Embrapa Meio-Norte (Teresina – PI). As gerações segregantes foram conduzidas pelo método da descendência de uma única vagem até a geração F6, quando foi selecionada a linhagem CNCx 409-11F. Em seguida, realizou-se um total de 26 ensaios, sendo 10, 4 e 12, respectivamente, nos estados do Piauí, da Paraíba e da Bahia, para teste dessa linhagem, a qual foi recomendada para cultivo de sequeiro nos Estados do Piauí, Paraíba e Bahia (FREIRE FILHO e colaboradores, 2004).

A cultivar BRS Xique-xique foi obtida da linhagem TE96-290-12G, selecionada do cruzamento com código TE96-290, que teve como parental feminino a linhagem TE87-108-6G; em seguida, foi lançada como cultivar Amapá e, como parental masculino, TE87-98-8G; depois, foi lançada como BRS

Paraguaçu. Foram realizados, em Roraima, no período de 2004 a 2006, sete ensaios de avaliação. Essa cultivar apresenta altos teores de ferro e zinco, minerais importantes na nutrição humana (VILARINHO e colaboradores, 2008).

2.5 Variáveis de crescimento

A altura da planta (AP), número de nós do ramo principal (NNRP), número de ramos laterais (NRL), diâmetro do caule (DC), florescimento inicial (FI) e número de folhas (NF) são variáveis de crescimento, que podem facilitar a colheita (mecânica ou manual) de acordo com o porte da cultivar de feijão-caupi que será utilizada para o plantio (ROCHA e colaboradores, 2009).

Segundo esses autores, a AP e o NNRP são variáveis importantes para a arquitetura de planta, que possibilitam ou facilitam a colheita manual. O NNRP tem importância na eficiência reprodutiva em feijão-caupi, pois, em cultivares de portes eretos, a altura da planta é menor, e a maturação é uniforme, com realização de apenas uma colheita (UMAHARAN e colaboradores, 1997).

Essas duas variáveis devem ser critérios de seleção para programas de melhoramento genético que visam obter cultivares com maior produtividade de grão, pois elas interagem na arquitetura da planta, possibilitando maior produção de grãos por planta ou maior produtividade (MATOS FILHO e colaboradores, 2009).

Outra variável desejável para cultivares melhoradas é a precocidade do ciclo e do florescimento, pois completar o ciclo em menos dias evita estresses ambientais e pode proporcionar ganhos em produtividade de grãos, fato que possibilita mudança no sistema produtivo e estimula a produção em grande escala (FROTA e colaboradores, 2000).

O FI é diretamente influenciado pelas condições edafoclimáticas, específica de cada região; pode haver variações em relação ao surgimento das

primeiras flores de uma mesma cultivar para diferentes locais e/ou condições climáticas (SOUZA e colaboradores, 2013). Essa variável é um caráter a ser considerado na seleção de cultivares para programa de melhoramento de feijão-caupi, pois é possível obter cultivares com maior precocidade e elevada produtividade de grãos (SILVA e colaboradores, 2014).

2.6 Variáveis de produção de grãos

A produção de grãos de feijão-caupi tem aumentado em virtude do consumo de grãos secos, vagens ou grãos verdes como hortaliças em diversas regiões e, por isso, tem-se tornado excelente alternativa de comercialização para os agricultores (NOSOLINE, 2012). São variáveis de produção o comprimento de vagem (CVag), número de vagem por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV), massa de cem grãos (MCG), índice de grãos (IG) e produtividade média (PM).

O CVag e o NGV são variáveis importantes, pois estão relacionadas à produtividade. Vagens menores, com menor número de grãos, são mais leves, têm maior sustentação, diminuem a probabilidade de quebra e dobramento do pedúnculo, que não se encostam no chão e, por essa razão, reduzem a ocorrência de perdas por apodrecimento (SILVA e NEVES, 2011). Essa situação é desejável para colheita mecanizada ou semimecanizadas. Já para a colheita manual, quanto maior a vagem, maior é o número de grãos por vagem e, conseqüentemente, maior a produtividade.

A MCG é obtida através da relação entre massa dos grãos de cinco vagens (MG5V), e o número de grãos das cinco vagens (NG5V), multiplicado por 100. Um dos objetivos do melhoramento genético do feijão-caupi consiste no desenvolvimento e na recomendação de cultivares com MCG superior a 20 g (SANTOS e colaboradores, 2007).

Outra variável relacionada à produção é o IG, determinado pela relação entre massa de grão e massa da vagem, o que é de grande importância nas cultivares destinadas à produção de grãos, pois mede a eficácia da cultivar na alocação de fotossintatos para os grãos (ALVES e colaboradores, 2009).

Linhares (2007), ao trabalhar com cultivares de feijão-caupi destinadas à produção de grãos secos, mencionou que as cultivares apresentaram respostas distintas ao ambiente para NVP, NGV e MCG. Rocha e colaboradores (2012), ao estudarem cultivares de feijão-caupi destinadas à produção de feijão-verde, verificaram interações para as variáveis referentes à produtividade de vagens verdes, produtividades de grãos verdes e índice de grãos verdes.

Freire Filho e colaboradores (2011), ao relatarem informações sobre as cultivares lançadas no período de 1991 a 2010, mencionaram características agrônômicas, dentre elas, ciclo médio (72,7 dias), comprimento médio de vagem (18,0 cm), NGV (13,1), MCG (18,8 g) e PM (superior a 1.000 kg ha⁻¹).

No entanto, é necessário adotar o uso de cultivares com elevado índice produtivo e manejo adequado da irrigação e adubação, para aumentar a produtividade da cultura e, assim, reduzir os custos de produção e aumentar a renda do produtor (OLIVEIRA e colaboradores, 2011).

2.7 Variáveis referentes ao índice de estresse hídrico

O feijão-caupi é mais adaptável à seca, às temperaturas elevadas e a diversos estresses abióticos, quando comparado com outras espécies de plantas cultivadas, sobretudo em regiões mais secas do mundo (DADSON e colaboradores, 2005). O estresse hídrico é um dos fatores abióticos que mais prejudicam a produção de plantas cultivadas nas regiões áridas e semiáridas do mundo (FARSHADFAR e colaboradores, 2013); nesse caso, há reduções no desenvolvimento e produção de grãos em virtude das diferenças de déficit

hídrico, nas diferentes fases de desenvolvimento da cultura (PEKSEN e colaboradores, 2014).

Vários pesquisadores utilizam diferentes parâmetros para avaliar o comportamento de cultivares em relação à seca (FARSHADFAR e colaboradores, 2013), tais como: índice de produtividade (IP), índice de estabilidade na produtividade (IEP), produtividade média (PM), índice de tolerância (IT), índice de resistência (IR), índice de suscetibilidade à seca (ISS) e redução na produtividade (RP).

O IP e IEP foram propostos, respectivamente, por Gavuzzi e colaboradores (1997) e Bouzlama e Schapaugh (1984) como estimativas baseadas na produtividade que avaliam a estabilidade de cultivares em condições estressantes e não estressantes.

Rosielle e Hamblin (1981) definiram IT ao estresse como as diferenças de produtividade entre ambientes sem e com irrigação e PM como a produtividade média de cultivares sob condições com e sem estresse. Khodarahmpour e colaboradores (2011) observaram que o IT ao estresse e PM foram as variáveis mais precisas para a seleção de cultivares desenvolvidas em temperaturas elevadas, corroborando com Eivazy e colaboradores (2013) ao indicarem a PM como o melhor índice para a seleção de genótipos com produtividade elevada de grãos em condições irrigadas e submetidas ao estresse hídrico.

O ISS foi sugerido por Fischer e Maurer (1978) para avaliar a estabilidade da produção em diferentes ambientes. Guttieri e colaboradores (2001) propuseram que o ISS maior e o menor que 1 indicam, respectivamente, acima e abaixo da média de ISS.

2.8 Estimativas de parâmetros genéticos e correlações

Estimativas de parâmetros genéticos do feijão-caupi têm sido estudadas por pesquisadores, o que contribui com o aumento da eficiência dos programas de melhoramento genético da espécie (MATOS FILHO e colaboradores, 2009; BENVINDO e colaboradores, 2010). Em virtude da variabilidade genética existente entre as cultivares e das diferentes condições de cultivo, essas estimativas são essenciais para o estabelecimento de programas de melhoramento que têm como objetivo desenvolver cultivares mais produtivas e adaptadas a essas diferentes condições (CORREA e colaboradores, 2012).

São estimativas de parâmetros genéticos: variância fenotípica (VP), genotípica (VG) e ambiental (VE), coeficientes de variação fenotípica (CV_P), genotípica (CV_G) e ambiental (CV_E), relação entre coeficiente de variação genotípica e ambiental (b), herdabilidade (h^2), ganho genético (GA), correlação fenotípica (r_P), genotípica (r_G) e ambiental (r_E).

Nas variâncias, os efeitos genéticos não se anulam, como pode acontecer com as médias, isso permite estimar a h^2 e o GA esperados com a seleção (MORETO e colaboradores, 2007). Quando a VG é superior a VE, implica-se que VP deve-se ao fator genético, e torna-se possível realizar a seleção através do melhoramento genético, pois há muita variabilidade genética para a variável analisada. Se a VE for superior à VG, a VP deve-se à influência do fator ambiental, o que torna difícil realizar a seleção, pois há pouca variabilidade genética para a variável avaliada (CRUZ e colaboradores, 2012).

Em relação aos coeficientes de variação (CVs) e GA, são considerados baixos os valores entre 0 e 10 %, intermediários, entre 10 e 20 %, e altos, acima de 20 % (JOHANSON e colaboradores, 1955; KUMAR e colaboradores, 1985). Para h^2 , o valor entre 0 e 30 % é baixo, de 30 a 60 % é intermediário e acima de 60 % é elevado (ALLARD, 1960).

O b , quando superior a 1, indica situações favoráveis à seleção para a variável analisada e é favorável à seleção de cultivares superiores. Caso essa relação seja inferior a 1, há a indicação de maiores dificuldades na seleção, porque há maior interferência do ambiente (SANTOS e colaboradores, 2012).

O CV_G permite comparar a variabilidade existente dentro da mesma população ou em diferentes populações para várias variáveis (RAMALHO e colaboradores, 2005). Machado e colaboradores (2008), ao estudarem 22 cultivares de feijão-caupi precoces, de porte ereto e alta produtividade, observaram que o NRL e NNRP apresentaram maior variabilidade, com CV_G , respectivamente, de 36,59 e 53,11 %. Lima e colaboradores (2009), por sua vez, ao analisarem 54 cultivares de feijão-caupi, relataram que a MCG secos e a produtividade de grãos secos apresentaram maior variabilidade, com CV_G , respectivamente, de 25,26 e 40,78 %.

Um dos parâmetros genéticos que mais colaboram para o trabalho do melhorista é a h^2 , pois fornece a proporção da VG presente na VP, aferindo a confiabilidade do valor fenotípico como indicador do valor reprodutivo, o que é de grande utilidade para os melhoristas, dado o fato de possibilitar a previsão da possibilidade de sucesso com a seleção (RAMALHO e colaboradores, 2008).

A h^2 elevada em feijão-caupi foi constatada por Lima e colaboradores (2009) para FI (85,23 %), MCG (91,29 %) e CV (91,40 %) e por Machado e colaboradores (2008) para FI (95 %), ao avaliarem grupo de linhagens de porte ereto e ciclo precoce.

Um dos efeitos básicos da seleção é o GA. Este é obtido através da alteração na frequência alélica e genotípica, com o objetivo de fornecer melhor resposta à seleção, ajustada diretamente pela herdabilidade da variável associada à pressão de seleção aplicada pelo melhorista (BUENO, 2001). Passos e colaboradores (2011) observaram GA de 5,32 % para produtividade de grãos em 20 cultivares de feijão caupi de porte ereto.

A correlação reflete o grau de associação entre duas variáveis. Seu conhecimento é importante porque possibilita ao melhorista saber como a seleção para uma variável influencia na expressão de outras variáveis e também porque, nos programas de melhoramento, geralmente, além de melhoria de uma variável principal, busca-se o aprimoramento de outras variáveis da planta (CRUZ e colaboradores, 2012).

Os valores das correlações variam de -1 a 1, classificadas como fraca (abaixo de 0,4), moderada (0,4 a 0,7), forte (0,7 a 1) e perfeita (1), independente do sinal. Quando as r_P e r_G apresentarem boa concordância de sinais, entre as variáveis analisadas, há a indicação de que a contribuição dos fatores genéticos foi superior em relação aos fatores ambientais para a expressão fenotípica em relação às variáveis estudadas (CRUZ e colaboradores, 2012).

Quando a r_E for significativa, a indicação é de que as duas variáveis são influenciadas pelas condições ambientais, sendo positiva quando o efeito dessas variações for favorável e negativa quando for desfavorável às duas variáveis, concomitantemente (SANTOS e colaboradores, 2012).

2.9 Microrganismos Eficazes (EM) e seu uso na agricultura

Os Microrganismos Eficazes (EM) foram descobertos pelo professor Teruo Higa, da Universidade de Ryukyus, Japão, na década de 80 (BATTISTI e SANTOS, 2011), e são usados na agricultura natural desde 1983. Atualmente, o EM é produzido e distribuído no Brasil pela Fundação Mokiti Okada (SANTORO e colaboradores, 2008), como também pela Ambiem.

O EM consiste em uma tecnologia baseada nos processos vivos da natureza que contribui para um solo vivo e sustentável; os principais microrganismos presentes são as bactérias produtoras de ácido láctico, as leveduras, as bactérias fotossintéticas, os actinomicetos e os fungos (BATTISTI

e SANTOS, 2011).

As bactérias produtoras de ácido láctico produzem ácido de açúcares e de outros carboidratos desenvolvidos pela bactéria fotossintética e pela levedura, com a capacidade de suprimir microrganismos danosos, que auxiliam na decomposição da matéria orgânica e também agem na fermentação e na decomposição de materiais como celulose e lignina (BONFIM e colaboradores, 2011).

As leveduras têm a capacidade de produzir substâncias antimicrobianas e, associadas a estas como também a outras substâncias necessárias para o crescimento da planta, proporcionam a esta uma proteção (BONFIM e colaboradores, 2011).

As bactérias fotossintéticas sintetizam substâncias úteis para a secreção de raízes, matéria orgânica e/ou gases nocivos (hidrogênio sulfurado), usando o calor e a luz do sol como fontes de energia (BONFIM e colaboradores, 2011).

Os actinomicetos são bactérias gram-positivas que degradam compostos de difícil decomposição, tais como a lignina e celulose. Também têm capacidade de sintetizar metabólitos secundários ativos distintos biologicamente, como herbicidas, pesticidas, antiparasíticos e enzimas como amilases, celulasas, lípases e xilanases (RODRIGUES, 2006).

No solo, ocorre o aumento nas populações de outros EM, como fixadores de nitrogênio, actinomicetos e fungos micorrízicos (BATTISTI e SANTOS, 2011).

O EM é uma suspensão de microrganismos, em meio líquido com pH controlado a 3,5, cuja composição biológica não é conhecida comercialmente, mas apresenta mais de 10 gêneros e 80 espécies de microrganismos e pode chegar a 10^9 células por grama, em uma suspensão concentrada (SANTORO e colaboradores, 2008).

A obtenção do EM consiste em três etapas: preparo do material,

obtenção e multiplicação dos microrganismos (VICENTINI e colaboradores, 2009). O preparo do material é realizado mediante o cozimento de 1 kg arroz, sem tempero e sem óleo; posteriormente, é colocado envolto em saco de aniagem numa caixa de madeira vazada. A sua obtenção é realizada mediante a colocação do material preparado próximo das raízes de árvores de mata, coberto por serapilheira do ambiente e deixado no local por 15 dias (VICENTINI e colaboradores, 2009).

A multiplicação consiste na retirada do meio de cultivo de coloração clara na mata; em seguida, é dividido em cinco partes iguais de 200 g cada; posteriormente, coloca-se em garrafa pet de 2,5 L, acrescentam-se 200 g de açúcar mascavo e 200 ml de água. Tampam-se as garrafas, e faz-se o controle do gás gerado no processo de fermentação por 21 dias (VICENTINI e colaboradores, 2009).

No entanto, pode ser adquirido em estabelecimentos onde são comercializados, tais como Ambiem, localizado no município de Camaçari, BA.

O EM é aplicado ao solo e inoculado nas sementes para aumentar a diversidade e atividade microbiana no solo e nas plantas, visando o progresso de um solo saudável, a fim de diminuir espécies patogênicas, enquanto facilita a decomposição de matéria orgânica e a síntese de nutrientes essenciais para o crescimento e a produção vegetal (CORALES e HIGA, 2002).

Esses microrganismos têm apresentado bons resultados em alguns países, como o Japão e o Brasil, pois melhoram as características químicas, físicas e biológicas do solo; assim, constituem-se como um produto agrícola de baixo custo, sem prejudicar o ambiente e o consumidor (LEITE, 2009). O mesmo autor menciona que o EM pode ser utilizado também para o tratamento de águas residuárias por sua habilidade em reduzir compostos tóxicos.

Estudos realizados com EM apresentaram resultados promissores. Dentre eles, citam-se: aplicação com adubo orgânico em soja (JAVAID e

MAHMOOD, 2010), feijão-mungo (JAVAID e BAJWA, 2011; NAMASIVAYAM e BHARANI, 2012) e feijão-caupi (SERAN e SHAHARDEEN, 2013). Na ervilha, as aplicações foliares associadas com NPK e adubação verde aumentaram a nodulação e o rendimento da planta (JAVAID, 2006) e proporcionaram a redução do tempo de transplante em cucurbitáceas (OLLE e WILLIAMS, 2015).

2.10 Bactérias fixadoras de nitrogênio em feijão-caupi

A utilização de tecnologias sustentáveis permite a conservação dos recursos naturais e promove melhoria na qualidade de vida da população de baixo poder aquisitivo. Como alternativa sustentável, tem-se a fixação biológica de nitrogênio (FBN), que reduz o custo da produção e a dependência do agricultor por adubos químicos (SILVA e colaboradores, 2012).

A FBN associa-se simbioticamente com bactérias fixadoras de nitrogênio gasoso (N_2) do grupo *Rhizobium* (XAVIER e colaboradores, 2007). Essas bactérias possuem um complexo enzimático denominado nitrogenase, que, encontrado no solo, pode penetrar nos tecidos radiculares e/ou caulinares de leguminosas e gerar nódulos nesses tecidos (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006).

Esses autores relatam que, nos nódulos, a FBN consegue reduzir o N_2 , transformando-o em nitrogênio amoniacal (NH_3), que é disponibilizado para as leguminosas. Estas, ao formarem a simbiose, disponibilizam fontes de energia e carbono para as bactérias e beneficiam os dois organismos.

A FBN é eficiente em feijão-caupi, quando possui boa nodulação, uma vez que dispensa outras fontes de nitrogênio (N) e atinge elevados níveis de produtividade (RUMJANEK e colaboradores, 2005). Segundo os mesmos autores, a FBN tem obtido valores entre 40 e 90 % do total de N acumulado pela cultura. Essa variação pode ser explicada pelas diferenças tanto da cultivar como

do rizóbio, que podem exercer influência nos níveis de FBN (XAVIER e colaboradores, 2007).

Pesquisas realizadas por Fall e colaboradores (2003) e Xavier e colaboradores (2006) mencionam que determinadas cultivares de feijão-caupi apresentam maior capacidade de nodulação, eficiência na FBN; isso indica a possibilidade de otimização das respostas quanto à FBN com o uso de cultivares eficientes ou mesmo com a implementação de programas de melhoramento vegetal para a FBN.

Para *V. unguiculata*, o uso de FBN em condições de campo tem-se mostrado como uma estratégia importante para o aumento da produtividade através do uso de quatro estirpes de *Bradyrhizobium* autorizadas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para a inoculação do feijão-caupi, quais sejam: UFLA3-84 (SEMIA 6461), BR 3267 (SEMIA 6462), INPA3-11B (SEMIA 6463) e BR 3262 (SEMIA 6464) (BRASIL, 2011).

A estirpe BR 3267 foi isolada no semiárido nordestino por Martins e colaboradores (2003). Esses autores obtiveram aumento de 40 % na produtividade, em relação à testemunha (sem adubação nitrogenada), e aumento igual ao dos tratamentos adubados com 50 kg ha⁻¹ N, em experimentos conduzidos em casa de vegetação, no campo e em áreas de produtores rurais, na região de Petrolina-PE.

Zilli e colaboradores (2006) mencionaram que, após inoculação, com essa estirpe, houve incremento de 10 % na produtividade do feijão-caupi. Gualter e colaboradores (2011), ao avaliarem a estirpe BR 3267, em associação às cultivares recomendadas para os estados do Piauí e Maranhão, concluíram que as cultivares têm potencial em fixar o nitrogênio atmosférico.

Silva e colaboradores (2011), trabalhando com BR 3267 em feijão-caupi no Pará, concluíram que a cultura respondeu à inoculação junto à adubação

fosfatada e potássica, confirmação de que, na planta adubada corretamente, a produtividade é melhor.

2.11 Variáveis referentes à nodulação

As variáveis estudadas para avaliar a eficiência da nodulação são: número de nódulos (NNOD), massa seca de nódulos (MSN), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), nitrogênio da parte aérea (NPA), nitrogênio acumulado na parte aérea (NAPA) e eficiência nodular (ENOD).

A FBN pode contribuir de forma significativa com o maior fornecimento de N para a planta e, conseqüentemente, com o aumento da MSPA (GUALTER e colaboradores, 2011). Esse resultado foi confirmado por Zilli e colaboradores (2011), os quais, ao cultivarem feijão-caupi em casa de vegetação, encontraram maiores resultados para MSPA em tratamentos inoculados com estirpes recomendadas para o feijão-caupi.

São considerados adequados para o feijão-caupi teores de nitrogênio na parte aérea acima de 3 % (ANELE e colaboradores, 2011; COSTA e colaboradores, 2011).

O NAPA é obtido através do teor de N total multiplicado pela MSPA (CLAESSEN, 1997). Essa variável tem sido avaliada como indicadora de estirpes com potencial para compor inoculantes com eficiência simbiótica (ALCÂNTARA e colaboradores, 2014). Em resultados obtidos por alguns autores, os valores oscilaram entre 113 e 200 mg planta⁻¹ (MELO e ZILLI, 2009; ALMEIDA e colaboradores, 2010; GUALTER e colaboradores, 2011).

O ENOD é obtido por meio da divisão do NPA pela MSN (MELO e ZILLI, 2009). Essa variável indica a ocorrência de uma associação simbiótica eficaz (ALCÂNTARA e colaboradores, 2014). O valor obtidos por estes autores para a cultivar foi de 0,6 mg mg⁻¹, diferente do obtido por Melo e Zilli (2009)

com a cultivar BRS Guariba, a qual apresentou ENOD superior (1 mg mg^{-1}). Essa variação pode ser explicada pela diferença na condução dos experimentos: o primeiro foi no campo, e o segundo, em casa de vegetação, onde geralmente a inoculação é mais eficiente.

REFERÊNCIAS

ABADASSI, J. Cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) Agronomic Traits Needed in Tropical Zone. **International Journal of Pure & Applied Bioscience**, v.3, p.158-165, 2015.

AGRIANUAL. **Feijão, oferta e demanda brasileiras**. In: Anuário da Agricultura Brasileira. São Paulo: Instituto FNP, 2009. p. 317.

ALCÂNTARA, R. M. C. M. de. A.; XAVIER, G. R.; RUMJANEK, N. G.; ROCHA, M. de. M.; CARVALHO, J. dos S. Eficiência simbiótica de progenitores de cultivares brasileiras de feijão-caupi. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 1, p. 1-9, jan-mar, 2014.

ALCÂNTARA, J. dos P.; ROCHA, M. de M.; DAMASCENO e SILVA, K. J.; FREIRE FILHO, F. R.. Avaliação de genótipos de feijão-caupi no estado da Bahia no biênio 2010/11-2011/12. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 3., 2013, Recife. **Anais...Recife**, Embrapa Meio- Norte, 2013. p. 1-4. Disponível em: <<http://www.conac2012.org/resumos/pdf/124q.pdf>>. Acesso em: 05 jan. 2016.

ALLARD, R.W. **Principles of Plant breeding**, John Wiley & Sons, Inc. New York, 1960, 85p.

ALMEIDA, W. S. de.; FERNANDES, F. B. F.; TEÓFILO, E. M.; BERTINI, C. H. C. de. Correlation and path analysis in components of grain yield of cowpea genotypes. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 4, p. 726-736, out-dez, 2014.

ALMEIDA, A. L. G.; ALCÂNTARA, R. M. C. M. de.; NÓBREGA, R. S. A.; NÓBREGA, J. C. A.; LEITE, L. F. C.; SILVA, J. A. da. Produtividade do feijão-caupi cv BR 17 Gurguéia inoculado com bactérias diazotróficas simbióticas no Piauí. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 5, n. 3, p. 364-369, 2010.

ALVES, J.M.A.; ARAÚJO, N. P.; UCHÔA, S. C. P.; ALBUQUERQUE, J. A. A.; SILVA, A. J.; RODRIGUES, G. S.; SILVA, D. C. O. Avaliação agroeconômica da produção de cultivares de feijão-caupi em consórcio com cultivares de mandioca em Roraima. **Revista Agro@ambiente On-line**, Boa Vista -RR, v. 3, n. 1, p.15-30, 2009.

ANDRADE JÚNIOR, A. S.; SANTOS, A. A.; SOBRINHOS, C. A.; BASTOS, E. A.; MELO, F. B.; VIANA, F. M. P.; FREIRE FILHO, F. R.; CARNEIRO, J. S.; ROCHA, M. M.; CARDOSO, M. J.; SILVA, P. H. S.; RIBEIRO, V. Q. **Cultivo do feijão caupi**. Embrapa. Sistema de Produção, 2, 2003. Versão Eletrônica. Disponível em <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br>. Acesso em: 20 abr. 2013.

ANELE, U. Y.; SÜDEKUM, K. H.; HUMMEL, J.; ARIGBEDE, O. M.; ONI, A. O.; OLANITE, J. A.; BÖTTGER, C.; OJO, V. O.; JOLAOSHO, A. O. Chemical characterization, in vitro dry matter and ruminal crude protein degradability and microbial protein synthesis of some cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) haulm varieties. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 163, n. 2/4, p. 161-169, 2011.

AURAS, N. É.; AMÂNCIO, C. O. da G. Cultivo de feijão-caupi em municípios dos estados do Norte, Nordeste e Centro-Oeste, conforme a área colhida e a produtividade. – Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2015. 185 p.; (Embrapa Agrobiologia. **Documentos**, 300).

BARROS, G. B. **Identificação e caracterização de plantas de feijão-caupi obtidas por meio de retrocruzamento tolerante aos vírus *Cowpea severe mosaic virus* (CPSMV) e *Cowpea aphid borne mosaicvirus* (CABMV)**. Dissertação (Mestrado em Fitossanidade e Biotecnologia Aplicada) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 54 p, 2010.

BASTOS, V. J.; MELO D. A.; ALVES, J. M. A.; UCHÔA, S. C. P.; SILVA, P. M. C.; TEIXEIRA JUNIOR, D. L. Avaliação da fixação biológica de nitrogênio em feijão-caupi submetido a diferentes manejos da vegetação natural na savana de Roraima. **Revista Agro@ambiente On-line**, Boa Vista-RR, v. 6, n. 2, p. 133-139, 2012.

BASTOS, E. A.; FERREIRA, V. M.; SILVA, C. R.; ANDRADE-JÚNIOR, A. S. Evapotranspiração e coeficiente de cultivo do feijão-caupi no vale do Gurguéia, PI. **Irriga**, Botucatu-SP, v.13, n.2, p.182-190, 2008.

BATTISTI, M. B.; SANTOS, M. G. dos. **Avaliação da eficiência da aplicação de microrganismos eficientes EM•1® em cultivo de alface.** Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação (Curso Superior de Tecnologia em Gestão Ambiental) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 40 p, 2011.

BENVINDO, R.N.; SILVA, J.A.L.; FREIRE FILHO, F.R.; ALMEIDA, A.L.G.; OLIVEIRA, J. T. S.; BEZERRA, A. A. C. Avaliação de genótipos de feijão-caupi de porte semiprostrado em cultivo de sequeiro e irrigado. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus -PI, v. 1, n. 1, p. 23-28, 2010.

BEZERRA, A.A.C.; TÁVORA, F.J.A.F.; FREIRE FILHO, F.R.; RIBEIRO, V.Q. Morfologia e produção de grãos em linhagens modernas de feijão-caupi submetidas a diferentes densidades populacionais. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande-PB, v.8, n. 1, p. 85-92, 2008.

BONFIM, F. P. G.; HONORIO, I. C. G.; REIS, I. L.; PEREIRA, A. de J.; SOUZA, D. B. de. **Caderno dos Microrganismos Eficientes (EM):** Instruções práticas sobre uso ecológico e social do EM. 2. ed. Viçosa: Imprensa da UFV, 32 p, 2011.

BOUSLAMA, M.; SCHAPAUGH, W.T. Stress tolerance in soybean. Part 1: evaluation of three screening techniques for heat and drought tolerance. **Crop Science**, v. 24, p. 933-937, 1984.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa** nº 13, de 24 de março de 2011. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 25 mar. 2011. Seção 1, p.37.

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**, Campinas-SP, v. 70, n. 1, p.206-215, 2011.

BUENO, L.C.S. **Melhoramento de Plantas:** princípios e fundamentos. Lavras: UFLA, 2001, 282 p.

CARDOSO, M. J.; RIBEIRO, V. Q.. Desempenho agrônômico do feijão-caupi, cv. Rouxinol, em função de espaçamentos entre linhas e densidades de plantas sob regime de sequeiro. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza-CE, v. 37, n. 1, p. 102-105, 2006.

CLAESSEN, M. E. C. (Org.). **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS, 1997. 212 p. (Embrapa-CNPS. Documentos, 1).

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento safra brasileira grão**, Brasília-DF, v.4, n.3, p. 1-156. Disponível em: <file:///d:/Downloads/Documents/16_12_22_12_08_27_boletim_graos_dezembr_o_2016_2.pdf>, Acesso em: 02 jan. 2017.

CORALES, R. G.; HIGA, T. **Rice production with effective microorganisms: impact on rice and soil**. In.: SANGKKARA, U. R. et al. (ed) Seventh International Conference on Kyusei Nature Farming. Christchurch Polytechnic, Christchurch, p.72-76, 2002.

CORREA, A. M.; CECCON, G.; CORREA, C. M. A.; DELBEN, D. S. Estimativas de parâmetros genéticos e correlações entre caracteres fenológicos e morfoagronômicos em feijão-caupi. **Revista Ceres**, Viçosa-MG, v. 59, n. 1, p. 88-94, 2012.

COSTA, E. M.; NÓBREGA, R. S. A.; MARTINS, L. de V.; AMARAL, F. H. C.; MOREIRA, F. M. de 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.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 4. ed. Viçosa: UFV, 514 p, 2012.

DADSON, R. B.; HASHEM, F. M.; JAVAID, I.; JOSHI, J.; ALLEN, A. L.; DEVINE, T. E. Effect of water stress on the yield of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) genotypes in the Delmarva Region of the United States. **Journal Agronomy Crop Science**, v. 191, n. 3, p. 210-217, 2005.

DONÇA, M. C. B. **Seleção precoce para caracteres dos grãos no melhoramento do feijão caupi**. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 102 p, 2012.

DUARTE, E. A. A.; MELLO FILHO, P. A.; SANTOS, R. C. Características agronômicas e índice de colheita de diferentes genótipos de amendoim submetidos a estresse hídrico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande-PB, v. 17 n. 8, p. 843-847, 2013.

DUTRA, A. S.; TEÓFILO, E. M. Envelhecimento acelerado para avaliar o vigor de sementes de feijão caupi. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, n. 1, p. 193-197, 2007.

EIVAZ, A. R.; MOHAMMADI, S.; REZAEI, M.; ASHORI, S.; HOSSIEN, P. F. Effective selection criteria for assessing drought tolerance indices in barley (*Hordeum vulgare* L.) accessions. **International Journal of Agronomy and Plant Production**, v. 4, n. 4, p. 813-821, 2013.

ENDRES, L.; SOUZA, J. L.; TEODORO, I.; MARROQUIM, P. M. G.; SANTOS, C. M.; BRITO, J. E. D. Gas exchange alteration caused by water deficit during the bean reproductive stage. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande-PB, v.14, n.1, p.11- 16, 2010.

FALL, L.; DIOUF, D.; FALL-NDIAYE, M. A.; BADIANE, F. A. Genetic diversity in cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) varieties determined by ARA and RAPD techniques. **African Journal of Biotechnology**, v.2, n.2, p.48-50, 2003.

FARSHADFAR, E.; MOHAMMADI, R.; FARSHADFAR, M.; DABIRI, S. Relationships and repeatability of drought tolerance indices in wheat-rye disomic addition lines. **Australian Journal of Crop Science**, v. 7, n. 1, p. 130-138, 2013.

FISCHER, R. A.; MAURER, R. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield response. **Australian Journal Agricultural Research**, v. 29, n. 5, p. 897-907, 1978.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; ROCHA, M. de M.; SILVA, K. J. D.; NOGUEIRA, M. do S. da R.; RODRIGUES, E. V.. Produção, melhoramento genético e potencialidades do feijão caupi no Brasil. In: REUNIÃO DE BIOFORTIFICAÇÃO NO BRASIL, 4., 2011. Teresina. **Resumos...** Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos; Teresina: Embrapa Meio Norte, 2011. 21 p. 1 CD-ROM.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; BARRETO, P. D.; SANTOS, A. A. Melhoramento Genético. In: FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. A.; RIBEIRO, V. Q. (Ed.). **Feijão-caupi: avanços tecnológicos**. Brasília: EMBRAPA, cap. 13. p. 487-497. 2005.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; ALCÂNTARA, J. DOS P.; BELARMINO FILHO, J.; ROCHA, M. de M.. **BRS Marataoã cultivar de**

feijão-caupi com grão sempre-verde. Teresina-PI: Embrapa Meio-Norte, 2004. 1 Folder, 1, 2004, 2p.

FROTA, A.B.; FREIRE FILHO, F. R.; CÔRREA, M. P. F. Impactos socioeconômicos das cultivares de feijão-caupi na região Meio-Norte do Brasil. Teresina-PI. Embrapa Meio-Norte. **Documentos**, 52, 2000. 26p.

GAVUZZI, P.; RIZZA, F.; PALUMBO, M.; CAMPALINE, R. G.; RICCIARDI, F. L.; BORGHI, G. Evaluation of field and laboratory predictors of drought and heat tolerance in winter cereals. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 77, n.4, p. 523-531, 1997.

GOMES, R. L. F. **Melhoramento genético da cultura do feijão-caupi.** 2012. Disponível em: www.genetica.esalq.usp.br/lgn0313/jbp/Palestra%2520Feijaocaupi. Acesso em: 12. jul. 2013.

GÓMEZ, C. COWPEA: **Post-Harvest Operations.** Rome: FAO, 2004.

GONÇALVES, J. R. P.; FONTES, J. R. A.; DIAS, M. C.; ROCHA, M. M.; FREIRE FILHO, F. R. BRS Guariba – Nova Cultivar de Feijão-Caupi para o Estado do Amazonas. Manaus-AM: Embrapa Amazônia Ocidental. **Comunicado Técnico**, 76, 2009, 6p.

GUALTER, R. M. R.; BODDEY, R. M.; RUMJANEK, N. G.; FREITAS, A. C. R. de.; XAVIER, G. R. Eficiência agrônômica 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.

GUTTIERI, M. J.; STARK, J. C.; BRIEN, K.; SOUZA, E. Relative sensitivity of spring wheat grain yield and quality parameters to moisture deficit. **Crop Science**, v.41, n. 2, p. 327-33, 2001.

HETZEL, S. **Com preço alto, área do feijão deve crescer.** In: AGRIANUAL 2009: anuário da agricultura brasileira. São Paulo: Instituto FNP, 2009. p. 312-313.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. C. **A importância do processo de fixação biológica do nitrogênio para a cultura da soja:** componente essencial para a competitividade do produto brasileiro. Londrina: Embrapa Soja, 2007. 80 p.

JAVAID, A.; BAJWA, R. Field evaluation of effective microorganisms (EM) application for growth, nodulation, and nutrition of mung bean. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, v. 35, n. 4, p. 445-452, 2011.

JAVAID, A.; MAHMOOD, N. Growth, nodulation and yield response of soybean to biofertilizer and organic manures. **Pakistan Journal of Botany**, v.42, n.2, p. 863-871, 2010.

JAVAID, A. Foliar application of effective microorganisms on pea as an alternative fertilizer. **Agronomy Sustainable Development**, v.26, n.4, p. 257-262, 2006.

JOHANSON, H. W.; ROBINSON, H. F.; COMSTOCK, R. E. Estimate of Genetic and environmental variability in soybeans. **Agronomy Journal**, v. 47, p. 314-318, 1955.

KHODARAHMPOUR, Z.; CHOUKAN, R.; BIHAMTA, M. R.; MAJIDI HERVAN, E. Determination of the best heat stress tolerance indices in maize (*Zea mays* L.) inbred lines and hybrids under Khuzestan province conditions. **Journal of Agricultural Sciences and Technology**, v. 13, n. 1, p. 111-121, 2011.

KUMAR, A.; MISRA, S. C.; SINGH, V. P. ; CHAAHAN, B. P. S. Variability and correlation studies in triticale. **Journal of the Maharashtra Agricultural University**, v. 10, p. 273-275, 1985

KUROZAWA, C. **ABC do Globo Rural**. Publicado em abril de 2007. Disponível em: <http://globoruraltv.globo.com/GRural/0,27062,LTP0-4373-0-LF,00.html> . Acesso em: 04. dez. 2015.

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-CE, v. 40, n. 4, p. 492- 497, 2009.

LEITE, M. J. C. **Utilização de microrganismos eficazes como probiótico no cultivo da tilápia do Nilo**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal da Paraíba, Areia – Paraíba, 51 p, 2009.

LIMA, V. M. G. C.; SILVA, L. L.; SOUSA, A. B.; SANTOS, L. V. A.; ROCHA, M. M.; FREIRE FILHO, F. R.; RAMOS, S. R. R.; GOMES, R. L. F. Estimativas de parâmetros genéticos em acessos de feijão-caupi. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 2., 2009, Belém, PA. Da

agricultura de subsistência ao agronegócio: **Anais**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2009. p. 1004-1008. 1 CD-ROM.

LIMA, J. R. S.; ANTONINO, A. C. D.; SOARES, W. A.; SILVA, I. F. Estimativa da evapotranspiração do feijão-caupi utilizando o modelo de Penman-Monteith. **Irriga**, Botucatu –SP, v.11, n. 4, p. 477- 491, 2006.

LINHARES, L. C. F. **Comportamento de três cultivares de caupi, submetidas à omissão de nutrientes, cultivados em amostras de Gleissolo de Várzea do rio Pará**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 58 p, 2007.

MACHADO, C. D. F.; TEIXEIRA, N. J. P.; ROCHA, M. D. M.; GOMES, R. L. F. Identificação de genótipos de feijão-caupi quanto à precocidade, arquitetura da planta e produtividade de grãos. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza-CE, v. 39, n. 1, p. 114-123, 2008.

MARTINS, L.M.V.; XAVIER, G.R.; RANGEL, F.W.; RIBEIRO, J.R.A.; NEVES, M.C.P.; MORGADO, L.B.; RUMJANEK, N.G.. 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, n. 6, p.333-339, 2003.

MATOS FILHO, C. H. A.; GOMES, R. L. F.; ROCHA, M. M.; FREIRE FILHO, F. R. E LOPES, A. C. A. Potencial produtivo de progênies de feijão-caupi com arquitetura ereta de planta. **Ciência Rural**, v. 39, n. 2, p. 348-354, 2009.

MELO, S. R. de.; ZILLI, J. É. Fixação biológica de nitrogênio em cultivares de feijão-caupi recomendadas para o Estado de Roraima. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 9, p. 1177-1183, 2009.

MENDES, R. M. S.; TÁVORA, F. J. A. F.; PITOMBEIRA, J. B.; NOGUEIRA, R. J. M. C. Relações fonte-dreno em feijão de corda submetido à deficiência hídrica. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza-CE, v. 38, n.1, p. 95-103, 2007.

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

MORETO, A. L.; RAMALHO, M. A. P.; NUNES, J. A. R.; ABREU, A. F. B. Estimação dos componentes da variância fenotípica em feijoeiro utilizando o

método genealógico. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras-MG, v. 31, n. 4, p. 1035-1042, 2007.

NAMASIVAYAM, S. K. R.; BHARANI, R. S. A. Effect of compost derived from decomposed fruit wastes by effective microorganism (EM) technology on plant growth parameters of *Vigna mungo*. **Journal Bioremediation & Biodegradation**, v. 3, n. 11, p. 3-11, 2012.

NASCIMENTO, S. P.; BASTOS, E. A.; ARAUJO, E. C. E.; FREIRE FILHO, F. R.; EVERALDO, M. S. Tolerância ao déficit hídrico em genótipos de feijão-caupi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande-PB, v.15, n. 8, p.853-860, 2011.

NOSOLINE, S. M. **Avaliação da produção de biomassa vegetal e grãos por cultivares de feijão-caupi**. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2012, 46 p.

OLIVEIRA, G. A.; ARAÚJO, W. F.; CRUZ, P. L. S.; SILVA, W. L. M.; FERREIRA, G. B. Resposta do feijão-caupi as lâminas de irrigação e as doses de fósforo no cerrado de Roraima. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza-CE, v.42, n.4, p.872-882, 2011.

OLLE, M.; WILLIAMS, I. The Influence of Effective Microorganisms on the Growth and Nitrate Content of Vegetable Transplants. **Journal of Advanced Agricultural Technologies**, v. 2, n. 1, p. 25-28, 2015.

PASSOS, A. R.; SILVA, S. A.; PEIXOTO, C. P.; ROCHA, M. A. C.; CRUZ, E. M. O. Ganho por seleção direta e indireta em caupi considerando a interação G x E. **Revista da FZVA**, v. 18, n. 1, p. 18-33, 2011.

PEKSEN, E.; PEKSEN, A.; GULUMSER, A. Leaf and stomata characteristics and tolerance of cowpea cultivars to drought stress based on drought tolerance indices under rainfed and irrigated conditions. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, v. 3, n. 2, p. 626-634, 2014.

RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B.; PINTO, C. A. B. P. **Genética na agropecuária**. 4, ed. Lavras: UFLA, 2008. 461 p.

RAMALHO, M. A. P.; FERREIRA, D. F.; OLIVEIRA, A. C. **Experimentação em genética e melhoramento de plantas**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005. 300 p.

ROCHA, M. de M.; ANDRADE, F. N.; GOMES, R. L. F.; FREIRE FILHO, F. R.; RAMOS, S. R. R.; RIBEIRO, V. Q. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de feijão-caupi quanto à produção de grãos frescos, em Teresina-PI. **Revista Científica Rural**, Bagé-RS, v.14, n.1, p.40-55, 2012.

ROCHA, M. M.; CARVALHO, K. J. M.; FREIRE FILHO, F. R.; LOPES, A. C. A.; GOMES, R. L. F.; SOUSA, I. S. Controle genético do comprimento do pedúnculo em feijão-caupi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília-DF, v. 44, n. 03, p. 270-275, 2009.

ROCHA, M. M.; CAMPELO, J. E. G.; FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; LOPES, A. C. Estimativas de parâmetros genéticos em genótipos de feijão-caupi de tegumento branco. **Revista Científica Rural**, Bagé-RS, v. 8, n. 1, p. 135-141, 2003.

RODRIGUES, K. **Identificação, Produção de antimicrobianos e complexos enzimáticos de isolados de actinomicetos**. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola e do Ambiente) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 129 p, 2006.

ROSIELLE, A.A.; HAMBLIN, J. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. **Crop Science**, v. 21, n. 6, p. 943-946, 1981.

RUMJANEK, N. G.; MARTINS, L. M. V.; XAVIER, G. R.; NEVES, M. C. P. **Fixação biológica do nitrogênio**. In: FREIRE FILHO, F.R.; LIMA, J.A. A.; RIBEIRO, V. Q. (eds). Feijão-caupi: avanços tecnológicos. Brasília: Embrapa, p.281-335, 2005.

SABOYA, R. C. C.; SIRIANO BORGES, P. R.; SABOYA, L. M. F.; MONTEIRO, F. P. R.; SOUZA, S. E. A.; SANTOS, A. F.; SANTOS, E. R. Response of cowpea to inoculation with nitrogen-fixing strains in Gurupi-Tocantins State. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 4, n.1, p. 40-48, 2013.

SANTORO, P. H.; NEVES, P. M. O. J.; CAVAGUCHI, S. A.; CONSTANSKI, K.; AMARO, J. T.; ALVES, L. F. A.; GOMES, B. B. Controle associado de *Alphitobius diaperinus* e efeito de microrganismos eficazes no desenvolvimento de *Beauveria bassiana*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília – DF, v. 43, n. 1, p. 1-8, 2008.

SANTOS, A.; CECCON, G.; CORREA, A. M.; DURANTE, L. G. Y.; REGIS, J. A. V. B. Análise genética e de desempenho de genótipos de feijão-caupi

cultivados na transição do cerrado-pantanal. **Cultivando o Saber**, Cascavel-PR, v.5, n.4, p. 87-102, 2012.

SANTOS, C. A. F. Cultivares de feijão-caupi para o Vale do São Francisco. Petrolina-PE: Embrapa Semiárido. **Circular Técnica**, 94, 2011, 10p.

SANTOS, J. F.; GRANGEIRO, J. I. T.; BRITO, C. H.; SANTOS, M. C. C. A. Produção e componentes produtivos de variedades de feijão-caupi na microrregião Cariri Paraibano. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal-SP, v. 6, n.1, p. 214-222, 2009.

SANTOS, C.A.F.; BARROS, G.A.A.; SANTOS, I.C.C.N.; FERRAZ, M.G.S. Comportamento agrônomico e qualidade culinária de feijão-caupi no Vale do São Francisco. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 3, p. 404-408, 2008.

SANTOS, C. A. F.; SANTOS, I. C. N.; RODRIGUES, M. A. Melhoramento Genético do Feijão-Caupi na Embrapa Semiárido. Petrolina: Embrapa: CPATSA. **Documentos**, 204, 27 p, 2007.

SERAN, T. H.; SHAHARDEEN R. N. M. Marketable pod yield of vegetable cowpea (*Vigna unguiculata*) as influenced by organic manures fermented with EM solution. **The Open Horticulture Journal**, v. 6, p. 19-23, 2013.

SILVA, A. C.; MORAIS, O. M.; SANTOS, J. L.; D'AREDE, L. O.; SILVA, C. J.; ROCHA, M. M. Estimativa de parâmetros genéticos em *Vigna unguiculata*. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 37, n.4, p 399-407, 2014.

SILVA, M. F.; SANTOS, C. E. R. S.; SOUSA, C. A.; ARAÚJO, R. S. L.; STAMFORD, N. P.; FIGUEIREDO, M. V. B. Nodulação e eficiência da fixação do N₂ em feijão-caupi por efeito da taxa do inóculo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.36, n.5, p.1418-1425, 2012.

SILVA, R. T. L., ANDRADE, D. P., MELO, E. C., PALHETA, E. C. V., GOMES, M. A. F. Inoculação e adubação mineral na cultura do feijão – caupi em latossolos da Amazônia Oriental. **Revista Caatinga**, Mossoró-RN, v. 24, n. 4, p. 152-156, out.-dez., 2011.

SILVA, A. L. J.; NEVES, J. Produção de feijão-caupi semiprostrado em cultivos de sequeiro e irrigado. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife-PE, v.6, n.1, p. 29-36, 2011.

SOUZA, V. B.; ROCHA, M. M.; SILVA, K. J. D.; OLIVEIRA, M. B.; LACERDA, M. L.; CARVALHO, A. J. Número de dias para o início do florescimento de linhagens de feijão-caupi de porte ereto e semiereto no Norte de Minas Gerais. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 3., 2013, Recife. **Anais**. Recife, Embrapa Meio- Norte, 2013. p. 1-4. Disponível em: <<http://www.conac2012.org/resumos/pdf/124q.pdf>>. Acesso em: 06 jan. 2016.

SOUZA, L. S. B; MOURA, M. S. B.; SEDIYAMA, G. C.; SILVA, T. G. F. Eficiência do uso da água das culturas do milho e do feijão-caupi sob sistemas de plantio exclusivo e consorciado no semiárido brasileiro. **Bragantia**, Campinas-SP, v.70, n. 3, p. 715-721, 2011.

TEIXEIRA, I. R.; SILVA, G. C.; OLIVEIRA, J. P. R.; SILVA, A. G.; PELÁ, A. Desempenho agrônômico e qualidade de sementes de cultivares de feijão-caupi na região do cerrado. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza-CE, v. 41, n. 2, p. 300-307, 2010.

UMAHARAN, P.; ARIYANAYAGAM, R. P.; HAQUE, S. Q. Genetic analysis of yield and its components in vegetable cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.). **Euphytica**, v.96, n.2, p.207-213, 1997.

VICENTINI, L. S.; CARVALHO, K.; RICHTER, A. S. Utilização de microrganismos eficazes no preparo da compostagem. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Bento Gonçalves – RS, v. 4, n. 2, p. 3367 – 3370, 2009.

VILARINHO, A. A.; FREIRE FILHO, F. R.; ROCHA, M. M.; RIBEIRO, V. Q. BRS Xiquexique: Cultivar de feijão-caupi rica em ferro e zinco para cultivo em Roraima. Boa Vista-RR: Embrapa Roraima. **Comunicado Técnico**, 16, 2008, 5p.

WANDER, W.E. Produção e participação brasileira no mercado internacional de feijão-caupi. In.: CONGRESSO BRASILEIRO DE FEIJÃO-CAUPI, 3., 2013. Recife, **Anais...** Recife: IPA, 2013. Disponível em: <<http://www.conac2012.org/resumos/pdf/206a.pdf>>. acesso em: 26. abr. 2016.

XAVIER, T. F.; ARAÚJO, A. S. F.; SANTOS, V. B.; CAMPOS, F. L. Ontogenia da nodulação em duas cultivares de feijão-caupi. **Ciência Rural**, Santa Maria-RS, v. 37, n. 2, p. 572-575, 2007.

XAVIER, G. R.; MARTINS, L. M. V.; RIBEIRO, J. R. A.; RUMJANEK, N. G. Especificidade simbiótica entre rizóbios e acessos de feijão-caupi de diferentes nacionalidades. **Revista Caatinga**, Mossoró-RN, v. 19, n. 1, p. 25-33, 2006.

XAVIER, G. R.; MARTINS, L. M. V.; RUMJANEK, N. G.; FREIRE FILHO, F. R. Variabilidade genética em acessos de caupi analisada por meio de marcadores RAPD. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília-DF, v. 40, n. 4, p. 15-19, 2005.

ZILLI, J.É.; SILVA NETO, M.L. da; FRANÇA JÚNIOR, I.; PERIN, L.; MELO, A.R. de. Resposta do feijão-caupi à inoculação com estirpes de *Bradyrhizobium* recomendadas para a soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, p.739-742, 2011.

ZILLI, J. É.; VALICHESKI, R.R.; RUMJANEK, N.G.; SIMÕESARAÚJO, J.L.; FREIRE FILHO, F.R. & NEVES, M. C. P. Eficiência simbiótica de estirpes de *Bradyrhizobium* isoladas de solo do Cerrado em caupi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília-DF, v. 41, n. 5, p.811-818, 2006.

CAPÍTULO I

PARÂMETROS GENÉTICOS NA SELEÇÃO DE CULTIVARES DE FEIJÃO-CAUPI DE DIFERENTES PORTES SOB ESTRESSE HÍDRICO, EM CULTIVO PROTEGIDO

Resumo

O feijão-caupi é uma leguminosa amplamente distribuída no planeta. O objetivo deste trabalho foi estimar parâmetros genéticos na seleção de cultivares de feijão-caupi de diferentes portes sob estresse hídrico, em cultivo protegido. Os tratamentos consistiram de 4 cultivares (BRS Pujante, BRS Guariba, BRS Marataoã, BRS Xique-xique), submetidas a 4 níveis de irrigação (40, 60, 80 e 100 %, sendo o último nível a testemunha), em delineamento experimental em blocos casualizados, com 4 repetições, em esquema fatorial 4 por 4. Foram estudadas variáveis de crescimento, produção de grãos e índices de estresse hídrico. Para as variáveis que se diferiram entre as cultivares, foram estimados os parâmetros genéticos. As variáveis de crescimento diferiram-se entre as cultivares. Para a produção de grãos, somente o comprimento de vagem (CVag) e número de grãos por vagem (NGV) diferiram-se entre as cultivares. Quanto aos índices de estresse hídrico, apenas a BRS Pujante diferiu-se da BRS Marataoã em relação à produtividade média (PM). Em relação aos níveis de irrigação, para as variedades analisadas, o percentual de 80 % obteve melhores desempenhos para as cultivares em relação à testemunha. Quanto aos parâmetros genéticos, a relação CV_G/CV_E (b) foi superior a 1, a herdabilidade (h^2) e ganho genético (GA), altos, o que garante uma seleção eficiente para a melhoria das variáveis avaliadas. As cultivares BRS Guariba e BRS Xique-xique obtiveram melhores desempenhos no conjunto das características analisadas ao se utilizar 80 % do nível de irrigação em cultivo protegido.

Palavras-chave: capacidade de campo, déficit hídrico, produção de grãos, variáveis de crescimento, *Vigna unguiculata*

Genetic parameters in the selection of caupi beans cultivars of different sizes under water stress, in protected cultivation

Abstract

Cowpea is a legume widely distributed in the world. The aim of this work was to estimate genetic parameters in the selection of cowpea cultivars of different sizes under water stress in a protected cultivation. The treatments consisted of 4 cultivars (BRS Pujante, BRS Guariba, BRS Marataoã, BRS Xique-xique), submitted to 4 irrigation levels (40, 60, 80 and 100 %, the last level being the control) with a randomized blocks, with 4 replications, factorial 4 by 4. They were studied growth variables, grain yield and water stress indexes. For the variables which differed between cultivars were estimated genetic parameters. The growth variables differed among cultivars. For grain production, only pod length and number of grains per pod differed among cultivars. To the water stress indexes, only BRS Pujante differed from BRS Marataoã compared to the average productivity. Regarding irrigation levels for the varieties analyzed, the percentage of 80 % achieved higher performance for the cultivars in relation to the control. The genetic parameters, the CV_G / CV_E ratio (b) was higher than 1, high heritability and high genetic gain, ensuring an efficient selection for improvement of most characteristics evaluated. The BRS Guariba and BRS Xique-xique showed better results for the variables analyzed using 80 % of the percentage of irrigation in protected cultivation.

Key-words: field capacity, water deficit, grain production, growth variables, *Vigna unguiculata*

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos maiores produtores de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L) Walp.) do mundo, com uma produção de 362.400 Mg, e o Nordeste representa 54,61 % dessa produção. Contudo, a produção na Bahia na safra de 2015/2016 foi de 36.900 Mg (CONAB, 2016). Essa baixa produção é devido a seu cultivo ser realizado em região semiárida, onde outras culturas não se desenvolvem satisfatoriamente (FREIRE FILHO e colaboradores, 2011).

O estresse hídrico é um dos fatores abióticos que mais prejudicam a produção de plantas cultivadas nas regiões áridas e semiáridas do mundo (FARSHADFAR e colaboradores, 2013). Há reduções no desenvolvimento e produção de grãos em virtude das diferenças de déficit hídrico, nas diferentes fases de desenvolvimento da cultura (PEKSEN e colaboradores, 2014).

Apesar de o feijão-caupi ser uma cultura que tolera a escassez hídrica, este fator abiótico provoca alterações nas propriedades das membranas, aumentando a respiração, inibindo a fotossíntese, diminuindo a produção de matéria seca, causando senescência prematura e reduzindo a produção (DUARTE e colaboradores, 2013).

Para analisar o comportamento dessa cultura em relação ao estresse hídrico, é necessário avaliar as cultivares em relação às variáveis de crescimento, produção de grãos, índices de estresse hídrico e parâmetros genéticos, a fim de conhecer a variabilidade genética, o grau de expressão de uma variável de uma geração para outra e a possibilidade de ganhos por meio da seleção (ROCHA e colaboradores, 2003). Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi estimar parâmetros genéticos na seleção de cultivares de feijão-caupi de diferentes portes sob estresse hídrico, em cultivo protegido.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em cultivo protegido, no período de março a junho de 2015, no Instituto Federal da Bahia (IFBA), *campus* de Vitória da Conquista – BA, situado a 923 m de altitude e com as coordenadas geográficas de 14°87'11" de latitude Sul e 40°84'44" de longitude Oeste. O clima regional é classificado como tropical de altitude (Cwb), de acordo com a classificação de Köppen (Estado da Bahia, 1998), precipitação média anual de 422,6 mm (INMET, 2017). Durante a condução do experimento, dentro da casa de vegetação, a temperatura oscilou entre 7,5° (mínima) e 48 °C (máxima), e a condutividade da água foi 0,12 µS.

Os tratamentos consistiram de quatro cultivares: BRS Guariba, porte semiereto; BRS Marataoã e BRS Xique-xique, porte semiprostrado; e BRS Pujante, porte semirramador. Estas foram submetidas a quatro níveis de irrigação (40, 60, 80 e 100 %) em delineamento experimental em blocos casualizados, em esquema fatorial 4 x 4, com 4 repetições, totalizando 16 tratamentos e 64 parcelas (Figura 1).



Figura 1.1 – Condução do experimento no IFBA de fevereiro a junho de 2015. A: Organização dos vasos; B: Cultura em crescimento. Vitória da Conquista-BA, 2015.

O solo utilizado como substrato foi proveniente da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), *campus* de Vitória da Conquista – BA. É classificado como Latossolo Amarelo distrófico e foi coletado na profundidade de 0,0-0,2 m; apresenta as características físico-químicas descritas na Tabela 1.1.

Tabela 1.1. Análise físico-química do solo coletado na UESB, realizada antes da instalação do experimento, no município de Vitória da Conquista – BA, 2015.

Análise física do solo										
%	Tfsa g kg ⁻¹					kg dm ⁻³				
Tf	Ag	Af	S	Ar	Ct	Ds	Dp	Pt		
100	350	200	50	400	Argilo-arenosa	1,09	2,47	560,36		
Análise química do solo										
pH (H ₂ O)	mg dm ⁻³		cmol _c dm ⁻³ de solo				V (%)		m	MO
5,5	P	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H ⁺	V	m	MO	
	2	0,20	2,1	1,0	0,1	2,1	60	3	10	

Tf- Terra fina; Ag- Areia grossa; Af- Areia fina; S- Silte; Ar- argila; Ct – Classe textural; Ds- Densidade do solo; Dp- Densidade da partícula; Pt- Porosidade total; V- Saturação de base; m- Saturação de alumínio; MO – Matéria orgânica..

Esse solo foi seco ao ar durante 24 h; em seguida, realizou-se aplicação de 3,47 kg ha⁻¹ de calcário calcítico, para elevar o pH a 6,5. Houve repouso durante 60 dias.

Depois, procedeu-se ao enchimento dos vasos, os quais eram de plástico e possuíam capacidade de solo de 14 L, com quatro furos para escoamento da água. Posteriormente, esses vasos foram conduzidos à casa de vegetação no IFBA.

Em seguida, realizou-se a adubação de plantio recomendada para a cultura do feijão-caupi, considerando-se a análise química: 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 60 kg ha⁻¹ de K₂O, usando o superfosfato simples (10 g vaso⁻¹) e o cloreto de potássio (1 g vaso⁻¹), como fontes de P e K, respectivamente. Realizaram-se duas adubações com 45 kg ha⁻¹ de N, usando ureia (1,33 g vaso⁻¹): uma de cobertura, aplicada após o desbaste, e outra, no início do florescimento, segundo recomendação da Embrapa Meio Norte (2003).

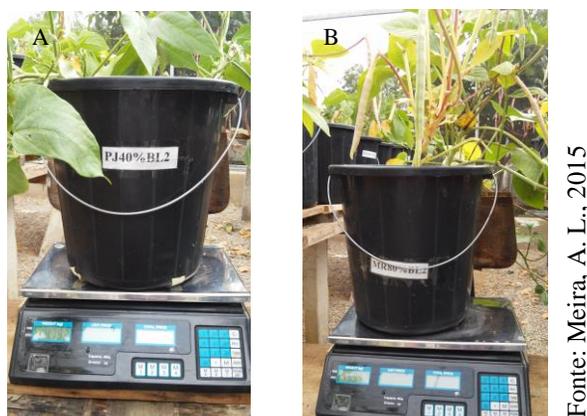
Em cada vaso, foram semeadas quatro sementes. Quando as plântulas estavam com dois pares de folhas definitivas, realizou-se o desbaste, deixando duas plantas por vaso; o crescimento das plantas foi avaliado aos 75 DAE (dias após a emergência).

A quantidade de água necessária para alcançar os níveis de irrigação pré-estabelecidos foi calculada pelo método de retenção de água no solo, segundo metodologia descrita por Casaroli e Van Lier (2008) (Figura 1.2).



Figura 1.2 – Determinação da capacidade de campo. A: imersão do vaso em água; B: retirada do vaso após 24 h; C: pesagem dos vasos. UESB, Vitória da Conquista-BA, 2015.

Durante 15 DAE, a umidade do solo foi mantida ao nível de 100 % de água da capacidade de campo em todos os tratamentos, para que as sementes germinassem de maneira uniforme. Posterior a esse período, as irrigações foram realizadas considerando-se os níveis de 40, 60, 80 e 100 % de água, com peso de, respectivamente, 15,4; 16,0; 16,8; 17,7 kg vaso⁻¹, mantendo o vaso próximo à capacidade de campo específico para cada tratamento (Figura 1.3). O controle da irrigação obtido para cada tratamento foi realizado a cada dois dias por meio do método de pesagem e da reposição da quantidade de água consumida, mantendo-se cada tratamento com o nível de água previamente estabelecido.



Fonte: Meira, A. L., 2015

Figura 1.3 – Determinação da quantidade de água. A: Cultivar BRS Pujante, 40 % da capacidade de campo; B: BRS Marataoã 80 % da capacidade de campo. IFBA. Vitória da Conquista-BA, 2015.

Os tratamentos culturais foram efetuados conforme a necessidade da cultura. Aos 25 DAE, foi realizado o controle fitossanitário de *Oidium* sp, com a aplicação de 3 mL de fungicida sistêmico para 4 L de água, produto com princípio ativo tetraconazol, e de *Aphis craccivora*, com a aplicação de 3 mL de inseticida de contato e ingestão para 4 L de água, produto com princípio ativo abamectina. O controle de plantas daninhas foi realizado por meio da capina manual nos mesmos dias da irrigação.

2.1. Características avaliadas para variáveis de crescimento

As características avaliadas para variáveis de crescimento foram:

2.1.1. Altura da planta (AP), em cm, mensurada entre o colo da planta e o ápice do ramo principal, com auxílio de fita métrica.

2.1.2. Número de nós do ramo principal (NNRP), número de nós desde o nó de inserção das folhas unifolioladas (cotiledonares) até o último nó do ramo principal.

2.1.3. Número de ramos laterais (NRL), número de ramos inseridos no ramo principal.

2.1.4. Florescimento inicial (FI), número de dias transcorridos da emergência à antese das primeiras flores.

2.1.5. Diâmetro do caule (DC), em mm, com auxílio do paquímetro digital.

Com exceção do florescimento inicial, as demais características foram avaliadas entre o 22° e o 43° DAE, em intervalos de sete dias, compreendendo parte da fase vegetativa e início da reprodutiva.

2.2. Características avaliadas para variáveis de produção de grãos

As características avaliadas para variáveis de produção de grãos foram:

2.2.1. Comprimento de vagem (CVag), em cm, por meio da média de cinco vagens tiradas ao acaso de cada parcela, com auxílio de régua graduada.

2.2.2. Número de vagens por planta (NVP).

2.2.3. Número de grãos por vagem (NGV), obtida pela média do número de grãos de cinco vagens tiradas ao acaso.

2.2.4. Massa de cem grãos (MCG), em g, calculada com base nas cinco vagens colhidas ao acaso a partir da seguinte fórmula: $MCG = \left(\frac{MG5V}{NG5V} \right) 100$, onde:

MG5V é a massa dos grãos de cinco vagens, e NG5V é o número de grãos das 5 vagens.

2.2.5. Índice de grãos (IG), em porcentagem da massa dos grãos em relação à massa total da vagem, obtido pela fórmula: $IG(\%) = \left(\frac{MG5V}{M5V}\right) 100$, onde M5V é a massa das cinco vagens.

2.2.6. Produtividade (PROD), estimada em função da produção total de cada tratamento, transformada de g parcela⁻¹ para kg ha⁻¹ e corrigida para 13 % de umidade.

2.2.7. Eficiência do uso da água (EUA), determinada pela razão entre produção de grão (kg ha⁻¹) e quantidade de água utilizada (m³).

2.3. Índices referentes ao estresse hídrico

Para índices referentes ao estresse hídrico, avaliou-se:

2.3.1. Índice de produtividade (IP), obtido pela fórmula: $IP = \left(\frac{PCCE}{PMCCE}\right)$.

2.3.2. Índice de estabilidade na produtividade (IEP), obtido pela fórmula: $IEP = \left(\frac{PCCE}{PCCNE}\right)$.

2.3.3. Produtividade média (PM), obtida pela fórmula: $PM = \left[\frac{PCCNE+PCCE}{2}\right]$.

2.3.4. Índice de tolerância (IT), obtido pela fórmula: $IT = \frac{(PCCNE \times PCCE)}{(PMCCE)^2}$.

2.3.5. Índice de resistência (IR), obtido pela fórmula: $IR = \left[PCCE \times \frac{(PCCE)}{(PCCNE)}\right]$.

2.3.6. Índice de suscetibilidade à seca (ISS), obtido pela fórmula: $ISS = \frac{[1 - \left(\frac{PCCE}{PCCNE}\right)]}{1 - \left(\frac{PMCCE}{PCCNE}\right)}$.

2.3.7. Redução na produtividade (RP), obtido pela fórmula: $RP = \frac{PCCNE-PCCE}{PCCNE} \times 100$.

PCCE corresponde à produtividade de cultivares em condições estressantes; PMCCE, produtividade média das cultivares em condições estressantes; PCCNE, produtividade das cultivares em condições não estressantes; PMCCNE, produtividade média das cultivares em condições não estressantes.

Os dados foram submetidos ao teste Cochran e de Lilliefors, respectivamente, para verificação da homogeneidade das variâncias e da normalidade dos dados. Posteriormente, foram realizadas as análises de variâncias; os tratamentos com variáveis quantitativas (níveis de irrigação) foram submetidos à análise de regressão, e os tratamentos com variáveis qualitativas (as cultivares), ao teste de Tukey a 1 e 5 % de probabilidade de erro, utilizando-se o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011) e Sigmaplot 12.5, para confecção dos gráficos. Para a análise de regressão, foi utilizado o modelo estatístico: $Y_{ij} = \mu + b_j + t_i + e_{ij}$, sendo, Y_{ij} observação da i -ésima cultivar no j -ésimo bloco; μ : efeito fixo da média geral; b_j : efeito fixo do j -ésimo bloco (repetição); t_i : efeito fixo da i -ésima cultivar (tratamentos); e e_{ij} : erro experimental médio.

Para os índices de estresse hídrico, não foi realizada a análise de regressão, pois foram avaliados os níveis de irrigação de 40, 60 e 80 %, com apenas três pontos para se interpretar o gráfico.

As estimativas de variância fenotípica (VP), genotípica (VG) e ambiental (VE), coeficiente de variação fenotípica (CV_P), genotípica (CV_G) e ambiental (CV_E), relação CV_G/CV_E (b), herdabilidade (h^2) e ganho genético (GA) foram efetuadas utilizando-se as seguintes expressões:

$$VP = \frac{QMC}{n}; VG = \frac{QMC-QMR}{n}; VE = \frac{QMR}{n}; CV_P = \left[\left(\sqrt{\frac{VP}{me}} \right) 100 \right]; CV_G = \left[\left(\sqrt{\frac{VG}{me}} \right) 100 \right]; CV_E = \left[\left(\sqrt{\frac{VE}{me}} \right) 100 \right]; h^2 = \left(\frac{VG}{VP} \right) 100; GA =$$

--- $k d p h^2$; GA (% da média) = $\left(\frac{GA}{me}\right) 100$, onde $k= 2,06$ é a constante para intensidade de seleção de 5 %; QMC, QMR, n, dp e m_e são, respectivamente, quadrado médio da cultivar, quadrado médio do resíduo, número de repetições, desvio padrão e média dos fenótipos avaliados.

Caso os dados não apresentassem distribuição normal, os dados relativos à AP seriam transformados pela função $y = \log(x)$; FI e NRL, transformados pela função $y = \sqrt{x}$; CVag, IG e RP, transformados pela função $y = x/100 + \sqrt{x} + \arcsen(x)$, antes da análise de variância e da comparação de médias.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todas as variáveis de crescimento estudadas diferiram-se entre as cultivares. Para a produção de grãos, apenas comprimento de vagem (CVag) e número de grãos por vagem (NGV) diferiram-se entre as cultivares. Em relação aos índices referentes ao estresse hídrico, somente a PM (produtividade média) diferiu-se entre as cultivares analisadas. Ao se considerarem os diferentes níveis de irrigação, somente o NRL (número de ramos laterais) e MCG (massa de cem grãos) não se diferiram. O efeito interação entre as cultivares e níveis de irrigação foi significativo para as variáveis FI (florescimento inicial), NVP (número de vagem por planta) e MCG (Tabela 1.2).

Tabela 1.2 - Resumo da análise de variância para variáveis de crescimento, produção de grãos e índices referentes ao estresse hídrico, em cultivares de feijão-caupi. Vitória da Conquista-BA, 2015.

	Cult	NI	Cult x NI	Bloco	Erro	CV(%)
Quadrado médio						
Variáveis de crescimento						
AP	0,131 ^{**}	0,635 ^{**}	0,01478 ^{ns}	0,006	0,013	6,93
NNRP	8,952 [*]	72,660 ^{**}	3,29905 ^{ns}	4,233	2,272	13,73
NRL	0,521 ^{**}	0,253 ^{ns}	0,08665 ^{ns}	0,290	0,080	11,64
DC	4,597 ^{**}	19,002 ^{**}	0,64335 ^{ns}	1,346	0,631	9,33
FI	0,0764 ^{**}	0,525 [*]	0,01658 [*]	0,012	0,006	1,30

Tabela 1.2 (continuação) - Resumo da análise de variância para variáveis de crescimento, produção de grãos e índices referentes ao estresse hídrico, em cultivares de feijão-caupi. Vitória da Conquista-BA, 2015.

	Cult	NI	Cult x NI	Bloco	Erro	CV(%)
Quadrado médio						
Variáveis de produção de grãos						
CVag	74,127 ^{**}	20,037 ^{**}	1,76814 ^{ns}	3,976	1,422	8,46
NVP	15,974 ^{ns}	376,932 ^{**}	19,59896 [*]	20,433	8,899	29,69
NGV	547,307 ^{**}	5.972,307 ^{**}	122,36285 ^{ns}	188,557	73,357	17,15
IG	29,415 ^{ns}	111,460 [*]	33,49935 ^{ns}	85,227	34,342	9,97
PROD	25.789,021 ^{ns}	408.251,544 ^{**}	7.197,020 ^{ns}	31.283,582	10,950	25,52
EUA	18,079 ^{ns}	105,126 ^{**}	7,151 ^{ns}	28,816	7,111	26,94
MCG	23,628 ^{ns}	28,535 ^{ns}	26,42020 [*]	20,117	10,950	12,22
Índices referentes ao estresse hídrico						
IP	2,430E-009 ^{ns}	0,59044 ^{**}	0,00727 ^{ns}	1,472E-001	0,003	17,54
IEP	0,041 ^{ns}	2,722 ^{**}	0,041 ^{ns}	0,16155	0,068	37,96
PM	10.719,663 [*]	104.103,446 ^{**}	947,869 ^{ns}	50.649,616	2.523,498	13,86
IT	0,041 ^{ns}	2,722 ^{**}	0,041 ^{ns}	0,161	0,068	37,96
IR	1,598,725 ^{ns}	481.636,720 ^{**}	10.597,997 ^{ns}	86.210,807	8.451,783	23,12
ISS	1,319E-001 ^{ns}	5,330 ^{**}	0,0664 ^{ns}	1,875E-001	0,030	17,47
RP	198,524 ^{ns}	5.097,280 ^{**}	55,017 ^{ns}	292,096	112,969	25,87

Cult – Cultivar, NI – Níveis de irrigação, CV(%) – Coeficiente de variação. AP – Altura da planta, NNRP – Número de nós do ramo principal, NRL – Número de ramos laterais, DC – Diâmetro do caule, FI – Florescimento inicial, CVag – Comprimento de vagem, NVP – Número de vagem por planta, NGV – Número de grãos por vagem, IG – Índice de grãos, PROD - Produtividade, EUA – Eficiência do uso da água, MCG – Massa de cem grãos, IP – Índice de produtividade, IEP – Índice de estabilidade na produtividade, PM – Produtividade média, IT – Índice de tolerância, IR – Índice de resistência, ISS – Índice de suscetibilidade à seca, RP – Redução na produtividade. ns Não houve diferença significativa. * Diferiram-se pelo teste Tukey a 5 % de probabilidade. ** Diferiram-se pelo teste Tukey a 1 % de probabilidade.

Em relação às variáveis de crescimento, somente o florescimento inicial (FI) diferiu-se entre as cultivares, níveis de irrigação e interação entre cultivares e níveis de irrigação, o que implicou em variação entre as cultivares para início do florescimento, como a quantidade de água utilizada para irrigação. Para altura da planta (AP), número de nós do ramo principal (NNRP) e diâmetro do caule (DC), também houve diferença entre as cultivares e os níveis de irrigação, evidência de alterações na arquitetura das cultivares e desempenho em relação à quantidade de água utilizada. Para o número de ramos laterais (NRL), ocorreu apenas diferença entre as cultivares. Essas diferenças entre todas as variáveis de crescimento para as cultivares já eram esperadas, pois as cultivares estudadas apresentam portes distintos.

Para as variáveis referentes à produção de grãos, somente o comprimento de vagem (CVag) e o número de vagem por planta (NVP) diferiram-se entre as cultivares, indícios de comportamentos diferenciados para as cultivares estudadas. Excetuando-se a massa de cem grãos (MCG), as demais variáveis diferiram-se entre os níveis de irrigação, o que comprova que a quantidade de água interfere na produção de grãos. Apenas na relação entre o número de vagem por planta (NVP) e a massa de cem grãos (MCG), houve interação entre as cultivares e os níveis de irrigação; isso demonstra que a quantidade de água influencia na quantidade de vagem por planta e massa dos grãos.

Quanto aos índices referentes ao estresse hídrico, todas as variáveis analisadas diferiram-se entre os níveis de irrigação, contudo não houve interação entre as cultivares. Esses resultados podem ser explicados pelos resultados semelhantes entre as cultivares e os níveis de irrigação, exceto para a produtividade média, a única variável que se diferiu entre as cultivares, pois apresenta diferentes produtividades entre as cultivares em diferentes níveis de irrigação (Tabelas 1.2 e 1.6).

A variação entre cultivares para diferentes variáveis constitui-se uma condição de interesse, porque representa ampla variabilidade genética entre as cultivares em estudo, sendo verificados efeitos significativos (1 % e 5 %) de cultivares na análise de variância para a maioria das variáveis.

A existência da variabilidade genética em uma população é fator determinante para o sucesso de programas de melhoramento. Assim, as cultivares em estudo mostraram-se, inicialmente, promissoras, e, por essa razão, foram determinadas as estimativas de parâmetros genéticos (Tabela 1.3).

Tabela 1.3 - Parâmetros genéticos para variáveis de crescimento, de produção de grãos e índices referentes ao estresse hídrico em cultivares de feijão-caupi, avaliadas para diferentes níveis de irrigação. Vitória da Conquista-BA, 2015.

Var	VP	VG	VE	CV _p	CV _g	CV _e	B	h ²	GA (%)
Variáveis de crescimento									
AP	0,032	0,029	0,003	11,31	10,73	3,56	3,01	90,08	2848,19
NNRP	2,24	1,67	0,57	13,27	11,47	6,69	1,71	74,62	33,91
NRL	0,13	0,11	0,02	13,77	12,67	5,40	2,35	84,65	118,46
DC	1,15	0,99	0,16	12,17	11,30	4,51	2,51	86,27	26,55
FI	0,02	0,017	0,002	2,20	2,12	0,62	3,42	92,15	73,89
Variáveis de produção de grãos									
CV _{ag}	18,53	18,18	0,36	18,53	18,18	0,35	51,13	98,00	26,29
NGV	10,33	9,50	0,84	10,33	9,50	0,84	11,34	92,00	53,64
Índices referentes ao estresse hídrico									
PM	2679,9	2049,0	630,9	14,28	12,49	6,93	1,80	76,46	47,08

Var – Variáveis, VP – Variância fenotípica, VG – Variância genotípica, VE – Variância ambiental, CV_p - Coeficiente de variação fenotípica, CV_g - Coeficiente de variação genotípica, CV_e - Coeficiente de variação ambiental, b- relação CV_g/CV_e, h² - herdabilidade e GA% - Ganho genético, AP – Altura da planta, NNRP – Número de nós do ramo principal, NRL – Número de ramos laterais, DC – Diâmetro do caule, FI – Florescimento inicial, CV_{ag} – Comprimento de vagem, NGV – Número de grãos por vagem, PM – Produtividade média.

Os resultados da variância fenotípica (VP), genotípica (VG) e ambiental (VE) oscilaram, respectivamente, de 0,032; 0,03 e 0,003 para altura da planta (AP) a 2679,92; 2049,0 e 630,88 para produtividade média (PM).

A variância fenotípica (VP) foi um pouco mais elevada do que a variância genotípica (VG) para todas as características analisadas, o que indica a possível influência ambiental sobre as cultivares durante o período de crescimento, em relação às variáveis avaliadas. Contudo, a variância genotípica (VG) foi superior à variância ambiental (VE); isso implica dizer que a variância fenotípica (VP) deve-se mais ao fator genético que ao componente ambiental; nesse sentido, recomenda-se realizar o melhoramento genético.

As estimativas dos CV_p (coeficientes de variação fenotípica) foram baixas para FI; esse resultado implicou em dificuldades para seleção; por outro lado, foi média para as demais variáveis analisadas, sendo possível realizar a seleção. Resultados superiores foram obtidos por Gerrano e colaboradores (2015), ao analisarem a variabilidade genética em 25 genótipos de feijão-caupi;

os autores obtiveram elevados valores para AP (69,70), NGV (27,01) e PM (50,97).

As estimativas dos CV_G (coeficientes de variação genotípica) foram baixas para FI (2,12) e NGV (9,50); isso evidencia possíveis dificuldades na seleção para essas variáveis e média para as demais variáveis analisadas.

Resultados semelhantes foram obtidos por Bertini e colaboradores (2009), para CV(11,50) e PM (14,38), e por Santos e colaboradores (2012), para FI (2,94). E, por sua vez, Silva e Neves (2011) e Silva e colaboradores (2014), trabalhando com feijão-caupi, encontraram valores menores, 4,68 e 6,19 % para CVag, 5,12 e 20,3 %, para NGV, respectivamente.

A aproximação dos valores de CV_P e CV_G indica mínimo efeito ambiental, ou seja, os valores obtidos para estimativas de CV_P são atribuídos mais aos fatores genéticos do que ao ambiental. Isso também pode ser observado nos CV_E (coeficiente de variação ambiental), que foram inferiores a todas as variáveis analisadas, indicação de elevada precisão experimental. Os valores do CV_E obtidos por Silva e colaboradores (2014), para CVag (5,74 %) e NGV (13,02 %), foram superiores aos encontrados neste estudo.

O valor de b mostra maior influência de CV_G em relação à CV_E . Os valores obtidos dessa relação foram superiores a um; vê-se, nesse caso, que os efeitos genéticos destacaram-se em relação aos efeitos ambientais; as variáveis AP, NNRP, NRL, DC, FI, CVag, NGV, e PM demonstraram serem passíveis de seleção.

Resultados inferiores foram obtidos por Correia e colaboradores (2012), que constataram 0,86; 0,96; 0,90 e 2,05, respectivamente, para FI, CVag, NGV e PM, ao analisarem estimativas de parâmetros genéticos em 19 genótipos de feijão-caupi. Resultados semelhantes foram obtidos por Bertini e colaboradores (2009) para PM (1,87).

Essas diferenças para as variáveis analisadas possivelmente ocorreram devido às diferentes cultivares utilizadas, ao local e à condução do experimento.

A h^2 (herdabilidade) foi alta para as variáveis analisadas, com oscilação de valores entre 74,62 para NNRP (número de nós do ramo principal) e 98,00 %, para CVag, resultados já esperados, pois o feijão-caupi é uma planta que realiza autopolinização. Nwofia e colaboradores (2012), estudando variabilidade e inter-relação entre populações de feijão-caupi, também obtiveram elevada h^2 (93 e 87 %), respectivamente, para CVag e NGV. Bertini e colaboradores (2009), ao analisarem a divergência genética entre acessos de feijão-caupi do banco de germoplasma da UFC (Universidade Federal do Ceará), encontraram alta h^2 para CVag (99,38 %), NGV (93,53 %) e PM (93,33 %).

Os valores de h^2 encontrados neste trabalho mostram confiabilidade do valor fenotípico como indicador do valor reprodutivo, o que é de grande utilidade para os melhoristas, pois possibilita prever a possibilidade de sucesso com a seleção (RAMALHO e colaboradores, 2008).

O GA (ganho genético) foi elevado para as variáveis, com oscilação de valores entre 26,55 para CVag e 2848,19 para AP. Os resultados obtidos por Ajayi e colaboradores (2014) foram inferiores para AP (29,44 %) e FI (54,30 %) e superiores para NGV (110,87 %). Nwofia e colaboradores (2012) obtiveram elevado GA para CVag (48,65 %) e NGV (47,29 %). Esse parâmetro melhora a resposta à seleção ajustada diretamente pela h^2 da variável associada à pressão de seleção aplicada pelo melhorista (BUENO, 2001). Uma elevada h^2 , juntamente com alto GA, garante uma seleção eficiente para melhoria das variáveis avaliadas.

Para as variáveis que obtiveram tanto h^2 quanto GA elevados, evidencia-se a predominância da ação gênica aditiva (MANGGOEL et al., 2012); as variáveis são, fortemente, influenciadas pelo componente genético e, fracamente, pelo fator ambiental; por isso, recomenda-se utilizar seleção massal.

3.1. Características avaliadas para variáveis de crescimento

A cultivar BRS Marataoã obteve menor AP, diferindo-se entre as cultivares BRS Guariba e BRS Xique-xique. A cultivar BRS Pujante apresentou menor NNRP, que se diferiu da cultivar BRS Xique-xique. A cultivar BRS Marataoã adquiriu maior NRL, diferente das demais cultivares. A cultivar BRS Pujante precisou de maior número de dias para iniciar o florescimento, diferentemente das cultivares BRS Guariba e BRS Xique-xique, que necessitaram de menor número de dias para o FI. A cultivar BRS Marataoã obteve maior DC, distinguindo-se da cultivar BRS Pujante, que apresentou menor diâmetro (Tabela 1.4).

Tabela 1.4 - Variáveis de crescimento em cultivares de feijão-caupi. Vitória da Conquista- BA, 2015.

	BRS Pujante	BRS Guariba	BRS Marataoã	BRS Xique-xique
AP(cm) **	44,78ab	57,83a	31,94b	46,92a
NNRP *	10,44b	10,97ab	11,50ab	12,19a
NRL**	6,75b	6,16b	8,34a	6,73b
FI(dias)**	39,87c	38,00a	39,06 bc	38,25ab
DC(mm) **	8,17b	8,86ab	9,47a	8,75ab

AP – Altura da planta, NNRP – Número de nós do ramo principal, NRL – Número de ramos laterais, DC – Diâmetro do caule, FI – Florescimento inicial. *; **: Diferiram na linha pelo teste Tukey, a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

Os valores referentes à AP oscilaram entre 31,94 cm (BRS Marataoã) e 57,83 cm (BRS Guariba). Contudo, a cultivar BRS Guariba não apresentou diferença em relação à cultivar BRS Xique-xique (46,92 cm). Essas cultivares não se diferiram em relação à BRS Pujante (44,78 cm), ao contrário do que ocorreu ao comparar com a BRS Marataoã. Apesar de apresentar menor AP, a BRS Marataoã não se distinguiu da BRS Pujante.

A cultivar BRS Xique-xique apresentou maior NNRP, diferenciando-se somente da BRS Pujante (10,44), no entanto essas cultivares não se diferiram das cultivares BRS Guariba (10,97) e BRS Marataoã (11,50).

BRS Marataoã obteve maior NRL, distinguindo-se das demais cultivares. A quantidade de NRL oscilou de 6,16 (BRS Guariba) a 8,34 (BRS Marataoã).

Em relação ao FI, a cultivar BRS Guariba necessitou de menor número de dias para iniciar o florescimento, não se diferenciando da BRS Xique-xique; no entanto, estas se distinguiram da BRS Pujante, a qual precisou de maior número de dias para começar a florescer. A BRS Marataoã diferiu-se somente da BRS Guariba. Esses resultados corroboram com Santos (2011), ao serem analisadas características de cultivares de feijão-caupi.

Apenas houve diferença entre as cultivares com menor (BRS Pujante) e maior (BRS Marataoã) DC, com variação de valores entre 8,17 e 9,47.

Esses resultados eram esperados, pois as cultivares apresentam portes e ciclo diferenciados, sendo que o porte da cultivar BRS Guariba é semiereto e seu florescimento inicia-se aos 41 DAE, enquanto as cultivares BRS Marataoã e BRS Xique-xique apresentam porte semiprostrado com FI 42 e 40-45. BRS Pujante possui porte semirramador com início de florescimento aos 48 DAE (FREIRE FILHO e colaboradores, 2011; SANTOS, 2011).

Entretanto, os resultados obtidos neste trabalho foram inferiores aos mencionados pelos autores; essa variação pode ser devido às diferentes condições climáticas, edáficas e à condução do experimento.

Machado e colaboradores (2008) obtiveram valores para AP que oscilam entre 24,2 e 58,8; NNRP variou de 1,6 a 10,65; NRL oscilou de 0,88 a 4,05, e FI variou de 34,3 a 39,4. Resultados semelhantes foram observados para este trabalho em relação às variáveis AP, NRL e FI, e superiores para NNRP. Cabe ressaltar que a AP e o NNRP são variáveis importantes para a arquitetura de

planta, que possibilitam ou facilitam a colheita manual (ROCHA e colaboradores, 2009).

Resultados próximos foram obtidos por Oliveira e colaboradores (2015), em relação ao FI, para cultivares BRS Manteiguinha, BRS Quarentão, BRS Preto de Rama e BRS Corujinha, com início do florescimento em 40 dias, ao analisarem cultivares locais de feijão-caupi coletados na microrregião Cruzeiro do Sul, Acre, Brasil. A precocidade é uma variável desejável para as cultivares quando adotam a rotação de culturas e esta cultura é cultivada na entressafra após o cultivo da cultura de verão (SANTOS e colaboradores, 2012).

Ocorreu diferença entre os níveis de irrigação para as variáveis NNRP e DC (Tabela 1.2, Figura 1.4 A), AP e FI (Tabela 1.2, Figura 1.4 B).

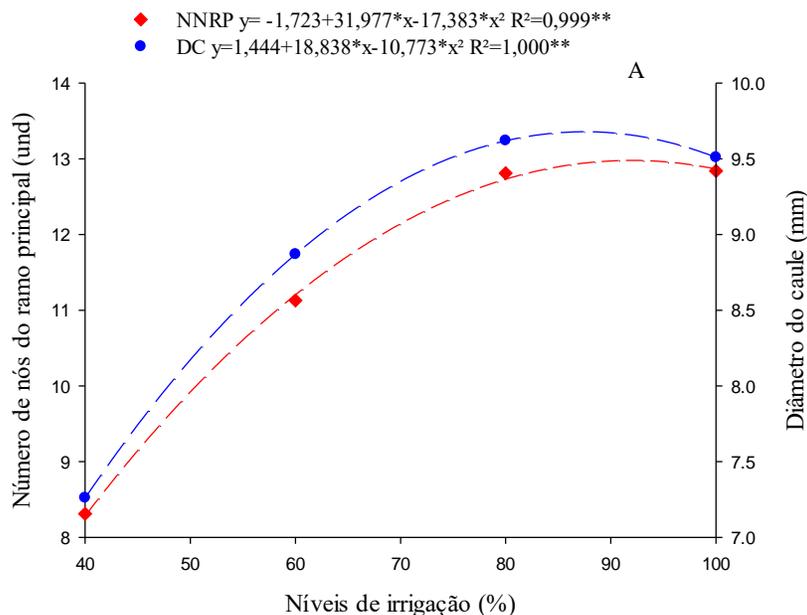


Figura 1.4 - Variáveis de crescimento entre os diferentes níveis de irrigação para cultivares de feijão-caupi. A: Número de nós do ramo principal (NNRP) e diâmetro do caule (DC); B: Altura da planta (AP) e florescimento inicial (FI). Vitória da Conquista-BA, 2015.

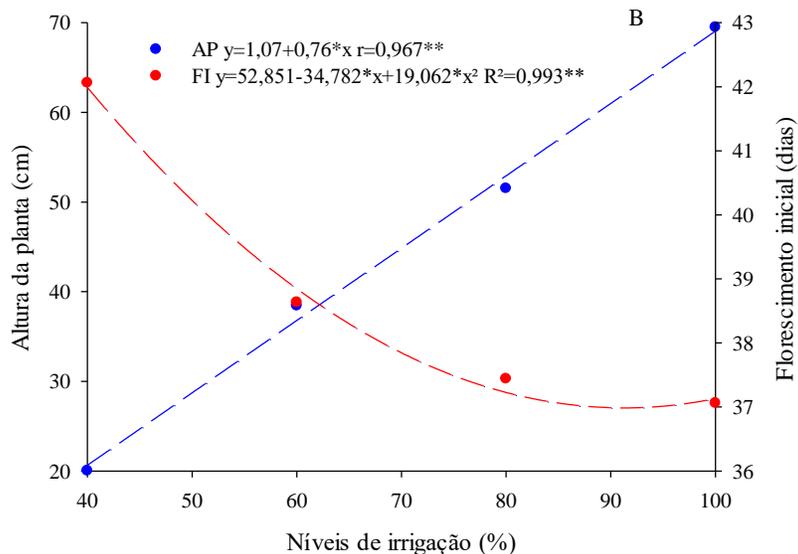


Figura 1.4 (continuação) - Variáveis de crescimento entre os diferentes níveis de irrigação para cultivares de feijão-caupi. A: Número de nós do ramo principal (NNRP) e diâmetro do caule (DC); B: Altura da planta (AP) e florescimento inicial (FI). Vitória da Conquista-BA, 2015.

As variáveis avaliadas indicaram que os níveis de irrigação aplicados ao solo influenciaram significativamente no desempenho de crescimento das cultivares de feijão-caupi.

O NNRP e o DC (Figura 1.4 A) apresentaram comportamentos semelhantes em relação aos diferentes níveis de irrigação. Quando as cultivares foram submetidas a 40 %, foram obtidos resultados com menores valores para essas variáveis; ocorreu aumento para os níveis de irrigação de 60 e 80 % em relação a 40 %, cujo ponto máximo obtido foi de 13 e 9,7, para níveis de irrigação de 92 e 87 %, correspondentes a cada variável.

Resultados próximos para DC foram obtidos por Souza e colaboradores (2016), os quais analisaram as disponibilidades hídricas do feijão-caupi da BRS

Pujante, 30 dias após a semeadura; os maiores resultados foram obtidos aos 80 % de disponibilidade hídrica.

Em relação à AP (Figura 1.4 B), à medida que aumentou o nível de irrigação, aumentou também a altura da planta, sendo 20,03; 38,44; 51,52 e 69,48 cm, respectivamente para 40, 60, 80 e 100 % dos níveis de irrigação. Isso indica que a deficiência hídrica influencia no desempenho do crescimento de plantas, provocando alterações nas propriedades das membranas, aumentando a respiração, inibindo a fotossíntese, diminuindo a produção de matéria seca, causando senescência prematura e reduzindo a produção (DUARTE e colaboradores, 2013).

Resultados semelhantes foram obtidos por Nascimento e colaboradores (2004), ao analisarem a cultivar IPA 206, submetidas a diferentes níveis de disponibilidade de água.

O FI obteve comportamento diferente em relação à NNRP e DC: enquanto essas variáveis apresentaram maiores valores com o aumento dos níveis de irrigação, o FI respondeu de maneira contrária, ou seja, quanto menor o nível de irrigação, maior número de dias para o início do florescimento. O menor número de dias para o florescimento foi de 37 DAE, com 91 % do nível de irrigação. E o maior tempo foi observado ao 42 ° DAE, quando as cultivares foram submetidas a 60 % de estresse hídrico, que equivale a 40% do nível de irrigação.

Essa variável foi influenciada pela interação entre as cultivares e os níveis de irrigação (Tabela 1.2 e Figura 1.5).

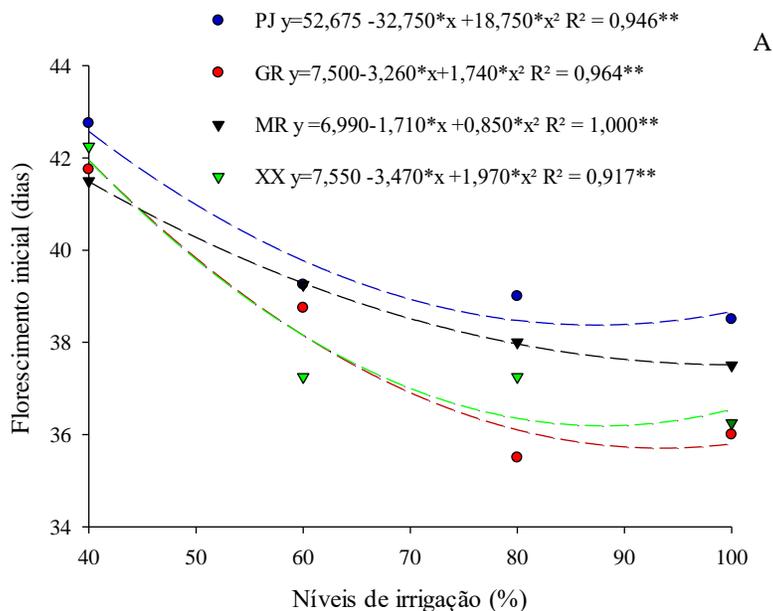


Figura 1.5 – Interação da variável florescimento inicial (FI) para as cultivares de feijão-caupi, submetidas aos diferentes níveis de irrigação. Vitória da Conquista-BA, 2015. PJ- Pujante, GR – Guariba, MR – Marataoã, XX- Xique-xique.

Quanto ao desdobramento dos efeitos dos níveis de irrigação dentro das cultivares para FI, as quatro cultivares tiveram comportamento semelhante, sendo maior o número de dias para o início do florescimento quando submetidas ao nível de irrigação de 40 %, que reduz com o aumento da quantidade de irrigação (Figura 1.5). Evidencia-se assim que essa cultura necessita de maior quantidade de água no início do florescimento.

Para os níveis de irrigação 60, 80 e 100 %, entre as cultivares BRS Pujante, BRS Marataoã e BRS Xique-xique, praticamente não houve variação para o FI, ou seja, quanto maior a quantidade de água utilizada, menor o número de dias para início do florescimento. Comportamento diferente foi observado para a cultivar BRS Guariba em relação ao percentual do nível de irrigação entre 80 e 100 %, pois, quando essas cultivares foram submetidas a 80 %, necessitou-

se de menor número de dias para iniciar o florescimento quando comparadas com as submetidas a 100 % de irrigação.

Essa diferença pode ser explicada pelos fatores intrínsecos da cultivar, como também pela precocidade, pois, segundo Santos (2011), a cultivar BRS Guariba completa o ciclo entre 65 e 70 DAE e inicia o florescimento em 41 DAE.

3.2. Características avaliadas para variáveis de produção de grãos

As cultivares BRS Guariba e BRS Xique-xique não se diferiram em relação ao CVag. Para NGV, apenas BRS Guariba diferiu-se entre as cultivares. Quanto às variáveis NVP, IG, PROD e EUA, não houve diferença entre as cultivares (Tabela 1.5).

Tabela 1.5 - Variáveis de produção de grãos em cultivares de feijão-caupi. Vitória da Conquista- BA, 2015.

	BRS Pujante	BRS Guariba	BRS Marataoã	BRS Xique- xique
Variáveis de produção de grãos				
CVag (cm) **	23,77a	18,38b	16,66c	19,20b
NVP ^{ns}	8,75a	11,19a	10,12a	10,12a
NGV**	11,59a	8,47b	11,85a	11,57a
MCG (g) ^{ns}	27,17a	25,94a	26,46a	28,74a
IG (%) ^{ns}	73,03a	75,20a	70,22a	71,91a
PROD (kg ha ⁻¹) ^{ns}	361,50a	287,10a	365,79a	302,87a
EUA (kg m ⁻³) ^{ns}	10,90a	8,77a	10,70 a	9,21a

CVag – Comprimento de vagem, NVP – Número de vagem por planta, NGV – Número de grãos por vagem, MCG – Massa de cem grãos, IG – Índice de grãos, PROD - Produtividade, EUA – Eficiência do uso da água. ^{ns} Não houve diferença significativa; **Médias seguidas de letras iguais, minúsculas nas linhas, não se diferem pelo teste de Tukey, a 1 % de probabilidade.

A cultivar BRS Pujante obteve maior CVag, diferindo-se das demais. O mesmo ocorreu para BRS Marataoã, na qual se constatou menor CVag. Os valores oscilaram entre 16,77 e 23,77 cm, resultados diferentes dos encontrados por Freire Filho e colaboradores (2011). Esses autores constataram maior CVag para a cultivar BRS Xique-xique (20,0 cm) e menor para BRS Guariba (17,8 cm). Essa variação pode ser explicada pelas diferentes condições em que os experimentos foram executados, incluindo quantidade de água utilizada, tipo de solo e clima.

Silva e Neves (2011) encontraram valores médios, respectivamente, 20,0 e 19,7cm, em cultivo irrigado e em sequeiro. Bertini e colaboradores (2009) obtiveram valores com oscilação entre 11,9 e 46,5 cm, sendo que, essa última média foi observada por Freire Filho e colaboradores (2011) para a subespécie *unguiculata*, cultigrupo *Sesquipedalis*, conhecida com “feijão-de-metro” e utilizada na produção de vagens.

Em relação ao NGV, as cultivares BRS Pujante, BRS Marataoã e BRS Xique-xique não se diferiram entre si, com variação de resultados entre 11,85 e 11,57; enquanto o menor NGV foi constatado para BRS Guariba, que influenciou na MCG e PROD.

Houve diferença entre os níveis de irrigação para NVP, NGV (Tabela 1.2, Figura 1.6 A), IG, PROD (Tabela 1.2, Figura 1.6 B), CVag e EUA (Tabela 1.2, Figura 1.6 C).

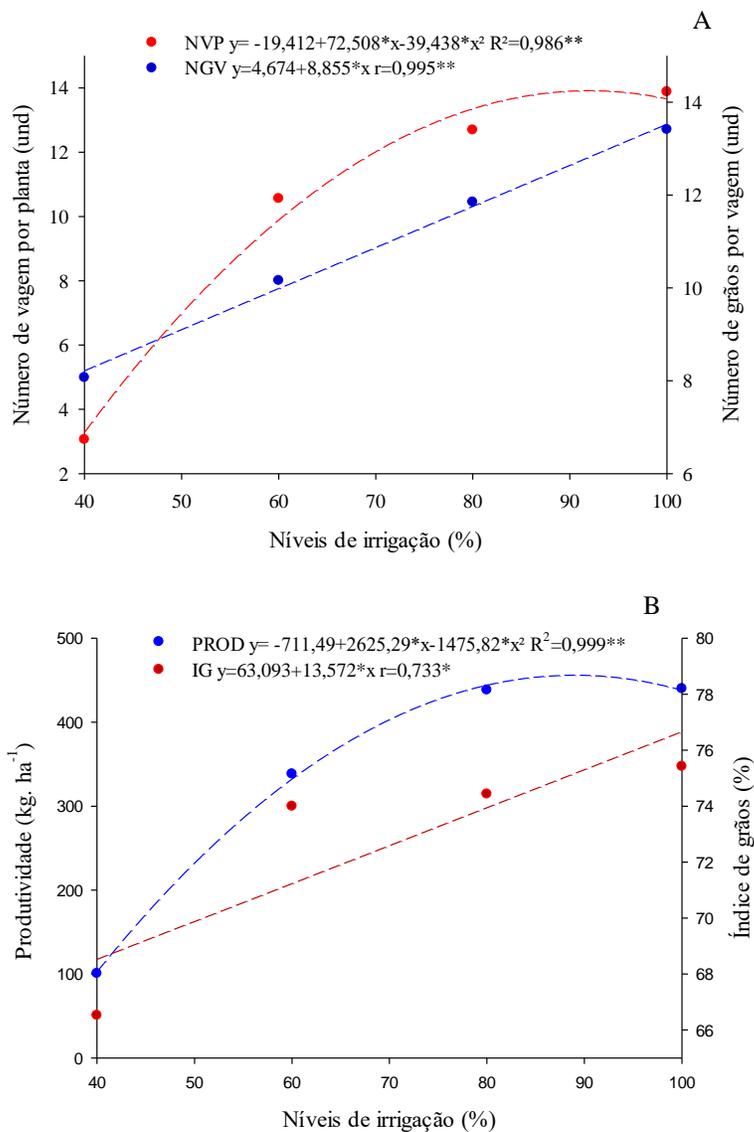


Figura 1.6 - Variáveis de produção de grãos entre os diferentes níveis de irrigação para cultivares de feijão-caupi. Vitória da Conquista-BA, 2015. A: Número de vagem por planta (NVP) e número de grãos por vagem (NGV); B: Índice de grãos (IG) e produtividade (PROD); C: comprimento de vagem (CVag) e eficiência do uso de água (EUA). Vitória da Conquista-BA, 2015.

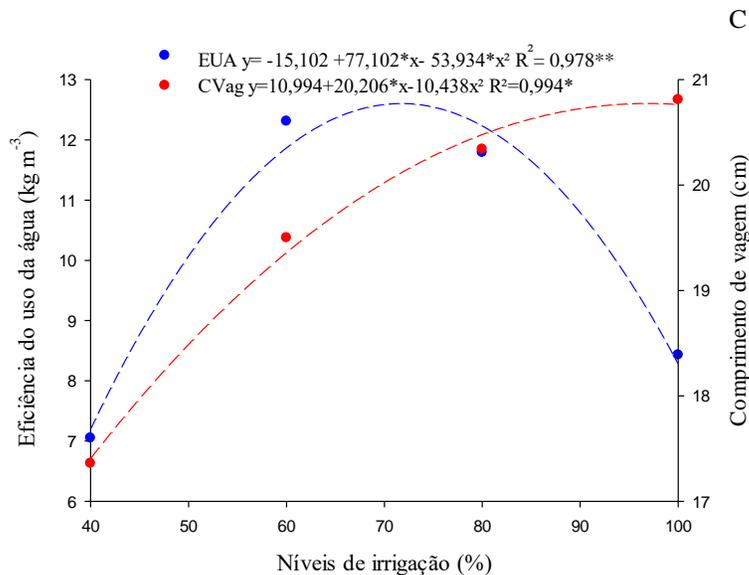


Figura 1.6 (continuação) - Variáveis de produção de grãos entre os diferentes níveis de irrigação para cultivares de feijão-caupi. Vitória da Conquista-BA, 2015. A: Número de vagem por planta (NVP) e número de grãos por vagem (NGV); B: Índice de grãos (IG) e produtividade (PROD); C: comprimento de vagem (CVag) e eficiência do uso de água (EUA). Vitória da Conquista-BA, 2015.

Para as variáveis NVP, NGV (Figura 1.6 A), PROD, IG (Figura 1.6 B), EUA e CVag (Figura 1.6 C), quando as plantas foram submetidas a 40 % do nível de irrigação, apresentam-se resultados inferiores aos comparados com os demais níveis. Apesar de essa cultura ser pouco tolerante à escassez hídrica, o nível de irrigação de 40 % foi inferior ao mínimo de água de que a planta necessita para obter resultados satisfatórios em relação às variáveis de produção.

No entanto, para a NVP (Figura 1.6 A), PROD (Figura 1.6 B), EUA e CVag (Figura 1.6 C), os valores máximos obtidos foram: 13,9; 456 kg ha⁻¹; 12,45 kg m⁻³ e 21,2 cm, correspondentes aos níveis de irrigação de 92 %, 89 %, 92 % e 71 %, para as variáveis mencionadas; isso implica que essas cultivares não necessitam de 100 % de irrigação para obter maior NVP, PROD, EUA e

CVag. Tal fato possibilita ao produtor menor custo com água e energia e obtenção de maior produção de grãos.

Em relação à EUA, resultados semelhantes foram obtidos por Locatelli e colaboradores (2014), ao avaliarem cultivares de feijão-caupi em função das lâminas de irrigação de 30, 60 e 90 %, com oscilação de valores entre 6 e 14 EUA. Esses valores são contrastantes aos obtidos por Souza e colaboradores (2011), que, ao analisarem a EUA em feijão-caupi em monocultivo, encontraram valores que oscilam entre 17 a 31,30 kg m⁻³. No entanto, o comportamento da EUA em função da lâmina de água foi semelhante aos obtidos por esses mesmos autores, que observaram incremento de até 75 % da lâmina de água, enquanto que neste trabalho o incremento ocorreu até 71 % do nível de irrigação, com decréscimos da EUA para os níveis mais elevados da lâmina de irrigação (80 e 100 %).

Isso remetendo ao produtor menor consumo de água e custo de produção, pois, com o nível de irrigação de 71 %, a produtividade foi de 406 kg ha⁻¹, maior que a 60 % e menor que a 80 %, no entanto não há diferença entre esses níveis (Tabela 1.6); em consequência, tem-se menor produtividade, compensada com menor investimento para produção.

Os resultados deste estudo mostraram que o solo com maior estresse hídrico resultou em redução significativa de CVag, NVP, NGV, IG e PROD, ao se analisarem os níveis de irrigação de 40 a 80 % (Tabela 1.2 e Figura 1.6).

Observou-se que a redução do NGV contribuiu para a baixa PROD para o nível de irrigação de 40 %. Resultados semelhantes foram obtidos por Abayomi & Abidoye (2009), ao analisarem NVP, NGV e PROD em dez genótipos de feijão-caupi, submetidos a quatro tratamentos (sem estresse, estresse médio, moderado e severo).

O NVP e MCG foram influenciadas pela interação entre as cultivares e os níveis de irrigação (Tabela 1.2 e Figura 1.7).

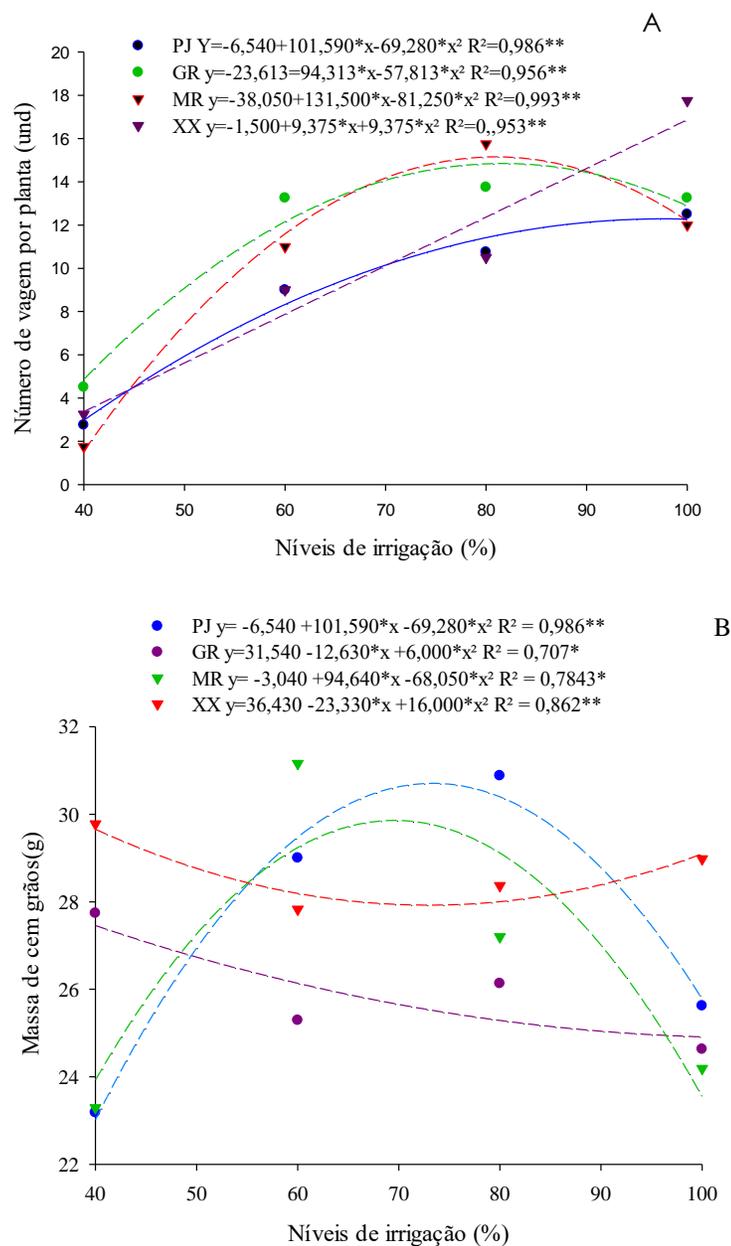


Figura 1.7 - Interação número de vagem por planta (NVP) (A) e massa de cem grãos (MCG) (B), para as cultivares de feijão-caupi, submetidas aos diferentes níveis de irrigação. Vitória da Conquista-BA, 2015. PJ- Pujante, GR – Guariba, MR – Marataoã, XX- Xique-xique.

O NVP para BRS Pujante e BRS Xique-xique não variou entre os níveis de irrigação de 60 e 80 %. Para a BRS Guariba e BRS Marataoã, o maior número de vagem foi constatado com 60 e 80 % do nível de irrigação, respectivamente (Figura 1.7 A), sendo que essa variação pode ser decorrente das características intrínsecas de cada cultivar, em relação à disponibilidade de água.

O maior NVP foi obtido para a cultivar BRS Xique-xique, quando submetidas a 100 % de irrigação, e o menor, para BRS Marataoã, para 40 % do nível de irrigação, comprovação de que o estresse hídrico é um fator limitante para a sua produção, pois, com menor número de vagem, menor será a quantidade de grãos e, conseqüentemente, menor será a produtividade.

Para os níveis de irrigação analisados, as cultivares BRS Marataoã e BRS Pujante apresentaram maior massa para 60 % e 80 % do nível de irrigação, respectivamente, enquanto as cultivares BRS Xique-xique e BRS Guariba apresentaram maior massa para 40 % de irrigação (Figura 1.7 B).

As menores massas de grãos foram obtidas quando as cultivares foram submetidas ao nível de irrigação de 100 %, exceto para a cultivar BRS Xique-xique. Esse resultado pode ser explicado pelo fato de essa cultura ser resistente à escassez de água; sua necessidade é de 80 % do nível de irrigação para atingir maior massa de grãos, quando comparada com 100 % do nível de irrigação.

3.3. Índices referentes ao estresse hídrico

Dentre as variáveis, verificou-se variação apenas de PM, que foi superior na BRS Pujante em relação à BRS Marataoã. Para os diferentes níveis de irrigação, as variáveis IP (Índice de produtividade), IEP (Índice de estabilidade na produtividade), IT (Índice de tolerância), IR (Índice de resistência) e ISS (Índice de susceptibilidade a seca) diferiram-se, sendo 80 % superior; 60 %, intermediário e 40 % inferior. Para as variáveis PM (Produtividade média) e RP

(Redução na produtividade), os níveis de irrigação de 80 e 60 % não se diferiram, e os menores resultados obtidos foram para o nível de 40 % (Tabela 1.6).

Tabela 1.6 - Estresse hídrico em cultivares de feijão-caupi submetidos a diferentes níveis de irrigação. Vitória da Conquista-BA, 2015.

	40 %	60 %	80 %	Média
	IEP (%) ^{ns}			
BRS Pujante	0,12	0,38	0,50	0,33A
BRS Guariba	0,14	0,40	0,46	0,33A
BRS Marataoã	0,08	0,36	0,56	0,33A
BRS Xique-xique	0,14	0,41	0,45	0,33A
Média ²	0,12c	0,39b	0,49a	
	IP (%) ^{ns}			
BRS Pujante	0,26	0,80	1,05	0,70A
BRS Guariba	0,27	0,82	1,00	0,70A
BRS Marataoã	0,16	0,83	1,22	0,74A
BRS Xique-xique	0,24	0,73	0,83	0,60A
Média ²	0,23c	0,80b	1,03a	
	PM (kg ha ⁻¹)			
BRS Pujante	297,76	418,61	475,59	397,32A
BRS Guariba	275,94	417,98	435,68	376,53AB
BRS Marataoã	245,29	378,87	372,16	332,11B
BRS Xique-xique	261,96	373,51	396,13	343,87AB
Média ¹	270,24b	397,24a	419,89a	
	IT (%) ^{ns}			
BRS Pujante	0,26	0,80	1,05	0,70A
BRS Guariba	0,27	0,82	1,00	0,70A
BRS Marataoã	0,16	0,83	1,22	0,74A
BRS Xique-xique	0,24	0,73	0,83	0,60A
Média	0,23c	0,79b	1,02a	
	IR (%) ^{ns}			
BRS Pujante	0,01	0,71	1,24	0,68A
BRS Guariba	0,07	0,61	0,95	0,54A
BRS Marataoã	0,03	0,80	1,69	0,84A
BRS Xique-xique	0,06	0,61	0,83	0,50A
Média ²	0,06c	0,69b	1,18a	
	ISS (%) ^{ns}			
BRS Pujante	0,36	1,14	1,49	1,00A
BRS Guariba	0,41	1,20	1,39	1,00A
BRS Marataoã	0,23	1,09	1,68	1,00A
BRS Xique-xique	0,43	1,22	1,35	1,00A
Média ²	0,36c	1,16b	1,48a	

Tabela 1.6 (continuação) - Estresse hídrico em cultivares de feijão-caupi submetidos a diferentes níveis de irrigação. Vitória da Conquista-BA, 2015.

	40 %	60 %	80 %	Média
	RP (%) ^{ns}			
BRS Pujante	74,43	20,25	16,51	37,06A
BRS Guariba	73,24	24,63	38,12	45,33A
BRS Marataoã	84,09	39,02	34,19	52,43A
BRS Xique-xique	76,24	26,09	26,32	42,88A
Média ²	77,00b	27,50a	28,78a	

IEP – Índice de estabilidade na produtividade, IP- Índice de produtividade, PM – Produtividade média, IT – Índice de tolerância, IR – Índice de resistência, ISS – Índice de suscetibilidade à seca, RP – Redução na produtividade. ^{ns}Não foi significativo nas colunas. A média das colunas refere-se às médias das cultivares, e a média nas linhas refere-se às médias dos diferentes níveis de irrigação.

O IP não se diferiu entre as cultivares, contudo, quando estas foram submetidas ao estresse de 40 %, obtiveram menor valor, em comparação aos níveis de 60 e 80 %, com valores entre 0,23 e 1,03. Halilou e colaboradores (2015), ao analisarem o uso da água, a transpiração e eficiência no rendimento de 20 genótipos de feijão-caupi através de diferentes regimes hídricos, obtiveram IP que variou entre 0,01 e 0,34 e entre 0,27 e 0,47 em condições de estresse e irrigado, respectivamente, após o período da chuva. E, durante o período chuvoso, os valores oscilaram entre 0,23 e 0,38 e entre 0,18 e 0,45, irrigado e não irrigado, respectivamente. Resultados semelhantes foram obtidos neste trabalho, no qual se verificam os menores valores com 40 % do nível de irrigação e os maiores com 80 %.

O mesmo ocorreu para as variáveis IEP, IT, IR e ISS, as quais não se diferiram entre as cultivares, mas entre os diferentes níveis de estresse hídrico, para os quais foram constatados menores resultados para o nível de irrigação de 40 % e maiores para 80 %.

Para as variáveis PM e RP, não houve diferença quando as cultivares foram submetidas aos níveis de irrigação de 60 e 80 %, mas foi constatado menor resultado para o nível de 40 %. Quanto à PM, os valores variaram de 270,24 a 419,89, para 40 e 80 %. Apesar de a PM referente ao nível de 60 % ser

inferior, quando comparada com 80 %, não houve diferença; portanto, infere-se que essa cultura é mais adaptada à escassez hídrica.

Esse resultado pode ser comprovado com a RP, pois, entre os níveis 60 % e 80 %, além de não se diferirem, os valores foram próximos, sendo 27,50 para 60 % e 28,78 para 80 %. Contudo, ao se compararem esses valores com o nível de 40 % de estresse, observaram-se resultados contrastantes, pois a RP foi de 77 %; disso se infere que a quantidade de água fornecida para esse nível foi inferior à exigida pela cultura, comportamento observado para todas as variáveis.

Abayomi e Abidoye (2009), ao analisarem dez genótipos de feijão caupi, em casa de vegetação, em diferentes níveis de estresse de umidade do solo (graves, moderada e estresse), obtiveram média dos genótipos em relação ao ISS e RP com variação entre 0,73 e 1,22 e entre 41,5 e 65,5, respectivamente. Enquanto que, neste trabalho, para ISS, a média das cultivares foi de 1,00, e, para RP, os valores obtidos foram menores, de 37,06 a 52,43.

Ao analisarem os níveis de irrigação, esses mesmos autores obtiveram valores que oscilam de 0,91 a 0,98 e de 27,2 a 81,7, para níveis com elevado e baixo estresse em relação ao ISS e RP. Valores próximos foram obtidos neste trabalho para RP, e contrastantes, para IEP.

Khodarahmpour e colaboradores (2011) observaram que o IT ao estresse e PM foram as variáveis mais precisas para a seleção de cultivares desenvolvidas em temperaturas elevadas. Corroborando com Eivazy e colaboradores (2013), os quais indicaram a PM como o melhor índice para a seleção de genótipos com produtividade elevada de grãos em condições irrigadas e submetidas ao estresse hídrico.

A indicação de Eivazy e colaboradores (2013) pode ser confirmada pelos resultados obtidos neste trabalho, pois, dentre os índices de estresse hídrico analisados, somente a PM diferiu-se entre as cultivares. A maior produtividade foi obtida para BRS Pujante ($397,32 \text{ kg ha}^{-1}$), não se diferenciando

entre as cultivares BRS Guariba (376,53 kg ha⁻¹) e BRS Xique-xique (343,87 kg ha⁻¹). A cultivar que obteve menor produtividade foi a BRS Marataoã (332,11 kg ha⁻¹), diferindo-se apenas da BRS Pujante.

4 CONCLUSÕES

1. As variáveis altura da planta, número de nós do ramo principal, número de ramos laterais, diâmetro do caule, florescimento inicial, comprimento de vagem, número de grãos por vagem e produtividade média demonstram ser passíveis de fácil seleção pela alta variabilidade genética apresentada, além de estarem associadas à elevada herdabilidade e ganho genético.
2. As cultivares BRS Guariba e BRS Xique-xique, no conjunto das variáveis analisadas, obtiveram resultados satisfatórios em relação às cultivares BRS Pujante e BRS Marataoã, quando irrigadas com 80 % de capacidade de campo em cultivo protegido.

5 AGRADECIMENTOS

À FAPESB (Fundação de Amparo ao Pesquisador do Estado da Bahia), pela concessão da bolsa da primeira autora. À UESB e à PPGAGRO (Programa de Pós-graduação em Agronomia), por permitirem o ingresso na instituição e no programa de pós-graduação.

6 REFERÊNCIAS

ABAYOMI, Y. A.; ABIDOYE, T. O. Evaluation of cowpea genotypes for soil moisture stress tolerance under screen house conditions. **African Journal of Plant Science**, v.3, n. 10,p. 229-237, 2009.

AJAYI, A. T.; ADEKOLA, M. O.; TAIWO, B. H.; AZUH, V. O. Character expression and differences in yield potential of ten genotypes of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp). **International Journal of Plant Research**, v. 4, n.3, p. 63-71, 2014.

BERTINI, C. H. C. M.; TEÓFILO, E. M.; DIAS, F. T. C. Divergência genética entre acessos de feijão-caupi do banco de germoplasma da UFC. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza – CE, v. 40, n. 1, p. 99-105, 2009.

BUENO, L. C. S. **Melhoramento de Plantas: princípios e fundamentos**. Lavras: UFLA, 2001.

CASAROLI, D.; van LIER, Q. J. Critérios para determinação da capacidade de campo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa – MG, v.32, n. 1, p. 59-66, 2008.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento safra brasileira grão**, Brasília-DF, v.4, n.3, p. 1-156. Disponível em: <file:///d:/Downloads/Documents/16_12_22_12_08_27_boletim_graos_dezembro_2016_2.pdf>, Acesso em: 02 jan. 2017.

CORREA, A. M.; CECCON, G.; CORREA, C. M. A.; DELBEN, D. S. Estimativas de parâmetros genéticos e correlações entre caracteres fenológicos e morfoagronômicos em feijão-caupi. **Revista Ceres**, Viçosa-MG, v. 59, n. 1, p. 88-94, 2012.

DUARTE, E. A. A.; MELLO FILHO, P. A.; SANTOS, R. C. Características agronômicas e índice de colheita de diferentes genótipos de amendoim submetidos a estresse hídrico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande-PB, v. 17 n. 8, p. 843-847, 2013.

EIVAZ, A. R.; MOHAMMADI, S.; REZAEI, M.; ASHORI, S.; HOSSIEN, P. F. Effective selection criteria for assessing drought tolerance indices in barley (*Hordeum vulgare* L.) accessions. **International Journal of Agronomy and Plant Production**, v. 4, n. 4, p. 813-821, 2013.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Cultivo de feijão-caupi**. Meio Norte (Sistema de Produção, 2), 2003.

ESTADO DA BAHIA. **Tipologia Climática Koppen**. 1998. Disponível em: tipologia_climatica_segundo_koppen_2014.pdf. Acesso em: 26 set. 2016.

FARSHADFAR, E.; MOHAMMADI, R.; FARSHADFAR, M.; DABIRI, S. Relationships and repeatability of drought tolerance indices in wheat-rye disomic addition lines. **Australian Journal of Crop Science**, v. 7, n. 1, p. 130-138, 2013.

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

FREIRE FILHO, F. R.; F. R., RIBEIRO, V. Q.; ROCHA, M. M.; DAMASCENO E SILVA, K. J.; NOGUEIRA, M. S. R.; RODRIGUES, E. V. **Feijão-caupi no Brasil: produção, melhoramento genético, avanços e desafios**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2011. 84 p. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/916831/feijao-caupi-no-brasil-producao-melhoramento-genetico-avancos-e-desafios>. Acesso em: 13 jan.2016.

GERRANO, A.S.; ADEBOLA, P.O.; RENSBURG, W.S.J.; LAURIE, S.M.. Genetic variability in cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) genotypes. **South African Journal of Plant and Soil**, v. 32, n. 3, p.165-174, 2015.

HALILOU, O.; HAMIDOU, F.; TAYA, B.K.; MAHAMANE, S.; VADEZ, V. Water use, transpiration efficiency and yield in cowpea (*Vigna unguiculata*) and peanut (*Arachis hypogaea*) across water regimes. **Crop & Pasture Science**, v.66, n. 7, p. 715-728, 2015.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Consulta Dados da Estação Automática: Vitória da Conquista (BA)**. Disponível em: http://www.inmet.gov.br/sonabra/pg_dspDadosCodigo_sim.php?QTQxNA. Acesso em: 26 jan. 2017.

KHODARAHMPOUR, Z.; CHOUKAN, R.; BIHAMTA, M. R.; MAJIDI HERVAN, E. Determination of the best heat stress tolerance indices in maize (*Zea mays* L.) inbred lines and hybrids under Khuzestan province conditions. **Journal of Agricultural Sciences and Technology**, v. 13, n. 1, p. 111-121, 2011.

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**, Campina Grande – PB, v.18, n.6, p.574–580, 2014.

MACHADO, C. D. F.; TEIXEIRA, N. J. P.; ROCHA, M. D. M.; GOMES, R. L. F. Identificação de genótipos de feijão-caupi quanto à precocidade, arquitetura da planta e produtividade de grãos. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza-CE, v. 39, n. 1, p. 114-123, 2008.

MANGGOEL, W.; UGURU, M. I.; NDAM, O. N.; DASBAK, M. A. Genetic variability, correlation and path coefficient analysis of some yield components of ten cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) accessions. **Journal of Plant Breeding and Crop Science**, v.4, n. 5, p. 80-86, 2012.

NASCIMENTO, J. T.; PEDROSA, M. B.; TAVARES SOBRINHO, J. Efeito da variação de níveis de água disponível no solo sobre o crescimento e produção de feijão-caupi, vagens e grãos verdes. **Horticultura Brasileira**, Brasília-DF, v. 22, n. 2, p. 174-177, 2004.

NWOFIA, G.E. Yield and yield components in vegetable cowpea on an ultisol. **African Journal of Agricultural Research**, v.7, n. 28, p. 4097-4103, 2012.

OLIVEIRA, E. D. E.; MATTAR, E. P. L.; ARAÚJO, M. L. de; JESUS, J. C. S. de; NAGY, A. C. G.; SANTOS, V. B. dos. Descrição de cultivares locais de feijão-caupi coletados na microrregião Cruzeiro do Sul, Acre, Brasil. **Acta Amazônica**, Manaus-AM, v. 45, n.3, p. 243-254, 2015.

PEKSEN, E.; PEKSEN, A.; GULUMSER, A. Leaf and stomata characteristics and tolerance of cowpea cultivars to drought stress based on drought tolerance indices under rainfed and irrigated conditions. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, v. 3, n. 2, p. 626-634, 2014.

RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B.; PINTO, C. A. B. P. **Genética na agropecuária**. 4, ed. Lavras: UFLA, 2008. 461 p.

RAMALHO, M. A. P.; FERREIRA, D. F.; OLIVEIRA, A. C. **Experimentação em genética e melhoramento de plantas**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005. 300 p.

ROCHA, M. M.; CARVALHO, K. J. M.; FREIRE FILHO, F. R.; LOPES, A. C. A.; GOMES, R. L. F.; SOUSA, I. S. Controle genético do comprimento do pedúnculo em feijão-caupi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília-DF, v. 44, n. 03, p. 270-275, 2009.

ROCHA, M. M.; CAMPELO, J. E. G.; FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; LOPES, A. C. Estimativas de parâmetros genéticos em genótipos de feijão-

caupi de tegumento branco. **Revista Científica Rural**, Bagé-RS, v. 8, n. 1, p. 135-141, 2003.

SANTOS, A.; CECCON, G.; CORREA, A. M.; DURANTE, L. G. Y.; REGIS, J. A. V. B. Análise genética e de desempenho de genótipos de feijão-caupi cultivados na transição do cerrado-pantanal. **Cultivando o Saber**, Cascavel-PR, v.5, n.4, p. 87-102, 2012.

SANTOS, C. A. F. cultivares de feijão-caupi para o Vale do São Francisco, Petrolina-PE: Embrapa Semiárido. **Circular Técnica**, 94, 2011, 10 p.

SILVA, A. C.; MORAIS, O. M.; SANTOS, J. L.; D'AREDE, L. O.; SILVA, C. J.; ROCHA, M. M. Estimativa de parâmetros genéticos em *Vigna unguiculata*. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 37, n.4, p 399-407, 2014

SILVA, A. L. J.; NEVES, J. Produção de feijão-caupi semiprostrado em cultivos de sequeiro e irrigado. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife-PE, v.6, n.1, p. 29-36, 2011.

SOUZA, T. M. A. de S.; SOUZA, T. A.; SOUTO, L. S.; SÁ, F. V. das; PAIVA, E. P. de; MESQUITA, E. F. de. Água disponível e cobertura do solo sob o crescimento inicial do feijão-caupi cv. BRS Pujante. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza-CE, v. 10, n.3, p. 598 – 604, 2016.

SOUZA, L. S. B. de; MOURA, M. S. B. de; SEDIYAMA, G. C.; SILVA, T. G. F. da. Eficiência do uso da água das culturas do milho e do feijão-caupi sob sistemas de plantio exclusivo e consorciado no semiárido brasileiro. **Bragantia**, Campinas-SP, v. 70, n. 3, p.715-721, 2011.

CAPÍTULO II

PARÂMETROS GENÉTICOS EM FEIJÃO-CAUPI COM BACTÉRIAS FIXADORAS DE NITROGÊNIO E MICRORGANISMOS EFICAZES EM CULTIVO PROTEGIDO

Resumo

O feijão-caupi é uma leguminosa amplamente distribuída no planeta, principalmente nas regiões tropicais. O objetivo deste trabalho foi estimar os parâmetros genéticos em feijão-caupi inoculadas com EM e FBN em cultivo protegido. Os tratamentos consistiram de 2 cultivares (BRS Guariba e BRS Xique-xique), submetidas à inoculação com FBN, EM, FBN/EM, com adubação nitrogenada e sem inoculação e sem adubação, com delineamento experimental em blocos casualizados, no esquema fatorial 2 x 5. A altura da planta (AP), número de nós do ramo principal (NNRP), florescimento inicial (FI), comprimento de vagem (CVag), número de vagem por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV), índice de grãos (IG), produtividade (PROD) e massa seca de raiz (MSR) diferiram-se entre as cultivares, sendo realizada estimativa de parâmetros genéticos. A herdabilidade (h^2) e ganho genético (GA) obtiveram valores elevados para estas variáveis: AP, NVP, NGV, IG, PROD e MSR. As estimativas de correlação fenotípica (r_p) não se diferiram entre as variáveis analisadas. Não houve diferença em relação às estimativas de correlações genotípicas (r_G) para as correlações entre variáveis nitrogênio acumulado da parte aérea (NAPA) e eficiência nodular (ENOD). A cultivar BRS Guariba foi superior à BRS Xique-xique para AP, NNRP, FI, CVag, NVP, NGV, IG e PROD, e a BRS Xique-xique foi superior para MSR em relação à BRS Guariba. Ocorreu interação entre cultivares e tratamentos para CVag e IG. A cultivar BRS Guariba, quando inoculada com FBN, EM e FBN/EM, obteve incrementos em relação às testemunhas, o que possibilita a redução do custo de produção.

Palavras-chave: inoculação, nodulação, produção de grãos, variáveis de crescimento, *Vigna unguiculata*

Genetic parameters in cowpea with nitrogen fixing bacteria and effective microorganisms in protected cultivation

Abstract

Cowpea is a legume widely distributed in the world, mainly in the tropical regions. The aim of this work was to estimate the genetic parameters in cowpea inoculated with EM and FBN in protected culture. The treatments consisted of 2 cultivars (BRS Guariba and BRS Xique-xique), submitted to inoculation with FBN, EM, FBN/EM, with nitrogen fertilization and without inoculation and without fertilization, with a randomized complete block design in the 2 x 5 factorial. The plant height (PH), number of main branch nodes (NMBN), initial flowering (IF), pod length (PL), number of pod per plant (NPP), number of grains per pod (NGP), grain index (GI), yield (Y) and root dry matter (RDM) differed between cultivars, being performed estimation of genetic parameters. Heritability (h^2) and genetic gain (GA) were high for these variables: PH, NPP, NGP, GI, Y and RDM. Estimates of phenotypic correlation (r_p) did not differ between the analyzed variables. There was no difference in relation to the estimates of genotypic correlations (r_G) for the correlations between variables accumulated nitrogen of the part aerial (ANPA) and nodular efficiency (ENOD). The cultivar BRS Guariba was superior to BRS Xique-xique for PH, NMBN, IF, PL, NPP, NGP, GI and Y and BRS Xique-xique was higher for RDM than BRS Guariba. There was interaction between cultivars and treatment for PH and GI. The cultivar BRS Guariba when inoculated with FBN, EM and FBN/EM obtained increases in relation to the witnesses, what reduces the cost of production.

Key words: inoculation, nodulation, grain yield, growth variables, *Vigna unguiculata*

1 INTRODUÇÃO

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) é uma espécie amplamente distribuída no planeta, principalmente nas regiões tropicais, devido ao fato de as condições edafoclimáticas serem semelhantes às do continente Africano, provável centro de origem dessa cultura (BRITO e colaboradores, 2011). Essa leguminosa fornece grãos de elevado valor nutritivo, contém todos os aminoácidos essenciais, com excelente fonte de proteína, carboidratos, fibras dietéticas, vitaminas e minerais para as populações da região semiárida do Nordeste Brasileiro (SANTOS e colaboradores, 2008).

O Brasil é um dos maiores produtores, com uma produção superior a 362.400 Mg. A região Nordeste representa 54,61 % dessa produção. No entanto, o estado da Bahia, em 2015/2016, produziu 36.900 Mg, o que corresponde apenas a 18,65 % da produção da região Nordeste e a 10,18 % do Brasil (CONAB, 2016).

Essa baixa produção no estado da Bahia está relacionada ao fato de os cultivos serem realizados principalmente em pequenas propriedades, como atividade de subsistência (BASTOS e colaboradores, 2012), pela ausência de fertilizantes químicos e escassez hídrica, já que os produtores não dispõem de recursos para investir em tecnologias.

Dentre os nutrientes, o nitrogênio é um dos mais requeridos pela cultura e, por essa razão, ocasiona grandes custos com adubação. Como alternativa para substituir a adubação nitrogenada, têm-se inoculado as sementes com bactérias fixadoras de nitrogênio nodulíferas de leguminosas (BFNNL), recomendadas pelo MAPA (BRASIL, 2011).

Tal inoculação pode substituir parcial ou totalmente a adubação com fertilizantes nitrogenados (FERREIRA e colaboradores, 2013), o que diminui os custos de produção e aumenta a renda do produtor rural, por meio da adoção da

prática de inoculação das sementes com estirpes eficientes de bactérias do grupo rizóbio (ZILLI e colaboradores, 2009).

Outra alternativa é a utilização de microrganismos eficazes (EM), que comprovam o aumento da diversidade e atividade microbiana no solo e nas plantas, o que reduz espécies patogênicas e facilita a síntese de nutrientes para o crescimento e produção vegetal (CORALES e HIGA, 2002).

Sua utilização em inoculação de sementes é escassa, porém há estudos com resultados promissores no Japão e Brasil que demonstram a melhoria das características químicas, físicas e biológicas do solo; por isso, constitui-se como um produto agrícola de baixo custo, sem prejudicar o ambiente e o consumidor (LEITE e colaboradores, 2009).

Como exemplo, pode-se citar a aplicação com adubo orgânico em soja (JAVAID e MAHMOOD, 2010), feijão-caupi (SERAN e SHAHARDEEN, 2013) e em ervilha, nos quais a aplicação foliar associada com NPK e adubação verde aumentaram a nodulação e o rendimento da planta (JAVAID, 2006).

A utilização de FBN e EM, juntamente com estudos referentes aos caracteres de interesse agrônomo e parâmetros genéticos, permite o controle genético do caráter e o potencial da população para seleção (CORREA e colaboradores, 2015). Nesse contexto, o objetivo do trabalho foi estimar parâmetros genéticos em cultivares de feijão-caupi inoculado com EM e FBN em cultivo protegido.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, no período de dezembro de 2015 a fevereiro de 2016, na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), *campus* de Vitória da Conquista – BA, situado a 923 m de altitude, com as coordenadas geográficas 14° 51' 53" de latitude Sul e 40° 50' 13" de longitude Oeste, no Estado da Bahia. O clima regional é classificado como tropical de altitude (Cwb), de acordo com Köppen (Estado da Bahia, 1998) e precipitação média anual de 422,6 mm (INMET, 2017).

Os tratamentos consistiram de 2 cultivares, BRS Guariba, porte semiereto; e BRS Xique-xique, porte semiprostrado; submetidas à inoculação com FBN, EM, FBN/EM, testemunha relativa (ureia) e testemunha absoluta (sem adubação nitrogenada em sementes não inoculadas), com delineamento experimental em blocos casualizados, no esquema fatorial 2 x 5, com 4 blocos e 2 repetições, totalizando 10 tratamentos e 80 parcelas (Figura 2.1). Essas cultivares foram oriundas do Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Meio Norte- PI.

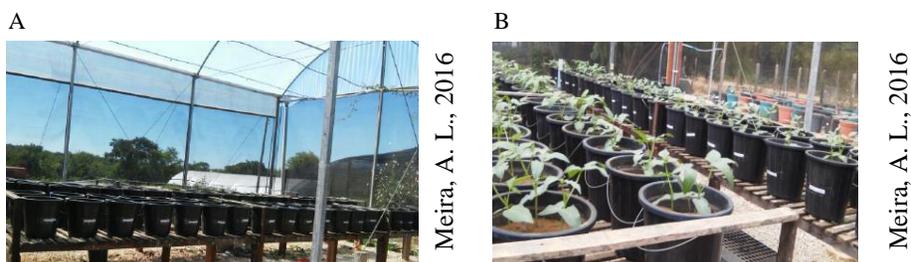


Figura 2.1 – A e B: Condução do experimento em casa de vegetação, no período de dezembro de 2015 a fevereiro de 2016. UESB, Vitória da Conquista-BA, 2016.

O solo utilizado como substrato foi proveniente da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), *campus* Vitória da Conquista; é classificado

como Latossolo Amarelo distrófico e foi coletado na profundidade de 0,0-0,20 m, cujas características físico-químicas estão descritas na Tabela 2.1.

Tabela 2.1. Análise físico-química do solo coletado na UESB, realizada antes da instalação do experimento, no município de Vitória da Conquista – BA, 2016.

Análise física do solo									
%	Tf _{sa} g kg ⁻¹				kg dm ⁻³				
Tf	Ag	Af	S	Ar	Ct	Ds	Dp	Pt	
100	350	200	50	400	Argilo-arenosa	1,09	2,47	560,36	
Análise química do solo									
pH (H ₂ O)	mg dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³ de solo					(%)	g dm ⁻³	
	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H ⁺	V	m	M.O
5,5	2	0,20	2,1	1,0	0,1	2,1	60	3	10

Tf- Terra fina; Ag- Areia grossa; Af- Areia fina; S- Silte; Ar- argila; Ct – Classe textural; Ds- Densidade do solo; Dp- Densidade da partícula; Pt- Porosidade total; V- Saturação de base; m- Saturação de alumínio.

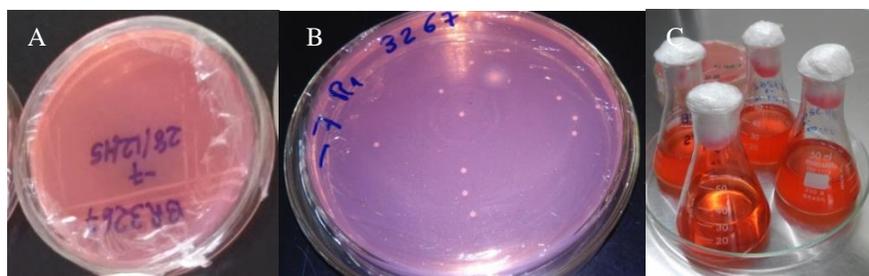
Esse solo foi seco ao ar durante 24 h, e, em seguida, realizou-se aplicação de 3,47 kg ha⁻¹ de calcário calcítico, para elevar o pH a 6,5; submeteu-se o solo a 60 dias de repouso.

Após isso, procedeu-se o enchimento dos vasos, com capacidade para 14 L, com quatro furos para escoamento da água. Esses vasos foram irrigados com água deionizada a cada dois dias, para manter a umidade próxima a 80 % da capacidade de campo, com peso de 16,8 kg vaso⁻¹. O controle da irrigação foi determinado por meio do método de pesagem e da reposição da quantidade de água consumida.

Em seguida, realizou-se a adubação de plantio recomendada para a cultura do feijão-caupi, em função da análise química: 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 60 kg ha⁻¹ de

K₂O, usando o superfosfato simples (10 g vaso⁻¹) e o cloreto de potássio (1 g vaso⁻¹), como fontes de P e K, respectivamente para todas as parcelas. Para tratamentos com nitrogênio, realizaram-se duas adubações com 45 kg ha⁻¹ de N, com ureia (1,33g vaso⁻¹) em cobertura após o desbaste e no início do florescimento, segundo recomendação da Embrapa Meio Norte (2003).

A semeadura foi realizada com três sementes de feijão-caupi por vaso. Na inoculação das sementes com FBN, utilizou-se a estirpe de *Bradyrhizobium* BR 3267 (SEMIA 6462), autorizada para uso como inoculante para a cultura do feijão-caupi (BRASIL, 2011). Essas estirpes foram obtidas da Embrapa Agrobiologia, Seropédica-RJ. As colônias puras foram cultivadas em meio Manitol 79 % por 48 h a 30 °C ± 1°C, com pH 6,9 (específico para a bactéria) (Figura 2.2).



Meira, A. L., 2016

Figura 2.2 – Meio de cultura para crescimento da bactéria. A: Inúmeras colônias de bactérias; B: Colônias de bactérias isoladas; C: Meio Manitol a 79 %. UESB. Vitória da Conquista-BA, 2016.

A padronização da densidade de unidade formadora de colônia (UFCI) adicionada por semente na inoculação foi baseada em inoculantes com uma ordem de grandeza de 10⁹ UFCI por grama de inoculante e 5.000 sementes de feijão-caupi por kg, de acordo com a recomendação do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento e Pesca (MAPA) (BRASIL, 2011). Assim, tem-se: densidade (UFCI por semente) = (quantidade de inoculante g ou

mL × concentração do inoculante UFCI) / número de sementes (SILVA JÚNIOR e colaboradores, 2014).

A quantidade de EM utilizada teve como base a cultura da soja com 150 mL para 1 kg de sementes. No entanto, como 1 kg de soja tem 7000 sementes, e de feijão-caupi tem 5000, a quantidade de EM utilizada para 1 kg de feijão-caupi foi de 107 mL (SIMÕES, 2016). O EM foi adquirido pela Ambiem, localizada na cidade de Camaçari, Bahia.

Tanto para tratamentos com FBN quanto para EM, a quantidade inoculada para cada semente neste experimento foi de 0,5 mL, com concentração de 10^7 . Primeiro, foram semeados os tratamentos sem inoculação; posteriormente, com inoculação, para reduzir a contaminação.

Os tratos culturais foram efetuados conforme a necessidade da cultura. Aos 15 e 25 DAE, foi realizado o controle fitossanitário de *Aphis craccivora* com a aplicação de 3 mL de inseticida de contato e ingestão para 4 L de água, produto com princípio ativo abamectina. O controle de plantas daninhas foi realizado por meio da capina manual nos mesmos dias da irrigação.

Quando as plântulas estavam com dois pares de folhas definitivas, realizou-se o desbaste; foi deixada uma planta por vaso, e avaliou-se o crescimento das plantas aos 75 DAE.

Na fase inicial da floração (35 DAE), retirou-se uma repetição de cada tratamento para avaliar a nodulação. Avaliou-se o número de nódulos (NNOD), massa seca de nódulos (MSN), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR) (Figura 2.3), nitrogênio da parte aérea (NPA), nitrogênio acumulado na parte aérea (NAPA) e eficiência nodular (ENOD).

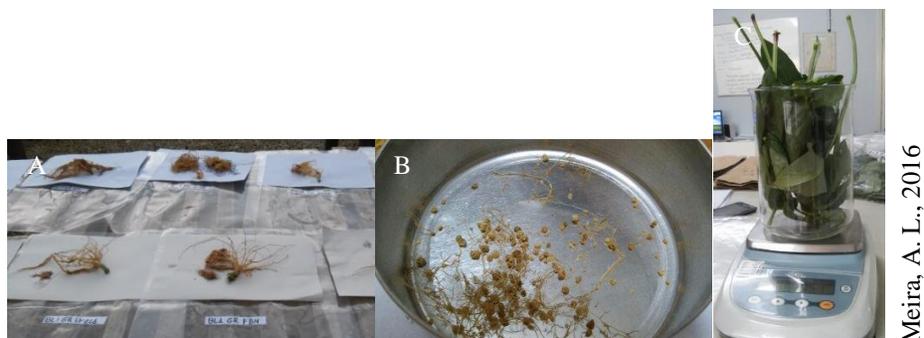


Figura 2.3 – Retirada das raízes para avaliação do sistema radicular (A), nódulos (B) e parte aérea (C). UESB, Vitória da Conquista-BA, 2016.

As plantas foram separadas da raiz e da parte aérea por um corte no ponto de inserção cotiledonar. As raízes foram lavadas sobre peneira para evitar perda de nódulos, os quais foram destacados das raízes para determinação do NNOD e MSN. Colocou-se a parte aérea fresca das plantas em estufa de circulação de ar a 60-70 °C até atingir a massa seca constante (\pm 72 h). Após secagem, a parte aérea foi moída e pesada para determinação da MSPA e do N total, determinado pelo método Kjeldahl (BREMNER, 1996) (Figura 2.4).

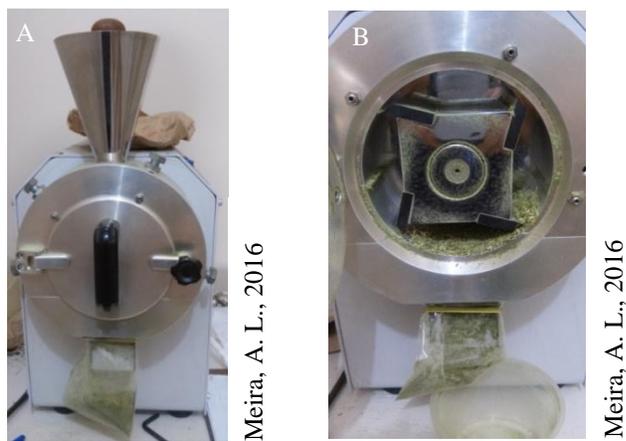


Figura 2.4 - Moagem da parte aérea (A e B), para determinar o nitrogênio total. UESB. Vitória da Conquista-BA, 2016.

O NAPA foi calculado a partir do teor de NPA multiplicado pela MSPA (CLAESSEN, 1997), e a ENOD foi determinada por meio da divisão do NPA pela MSN (MELO e ZILLI, 2009).

2.1. Características avaliadas para variáveis de crescimento

2.1.1. Altura da planta (AP), em cm, mensurado entre o colo da planta e o ápice do ramo principal, com auxílio de fita métrica.

2.1.2. Número de nós do ramo principal (NNRP), número de nós desde o nó de inserção das folhas unifolioladas (cotiledonares) até o último nó do ramo principal.

2.1.3. Número de ramos laterais (NRL), número de ramos inseridos no ramo principal.

2.1.4. Florescimento inicial (FI), número de dias transcorridos da emergência à antese das primeiras flores.

2.1.5. Diâmetro do caule (DC), em mm, com auxílio do paquímetro digital.

Com exceção do florescimento inicial, as demais características foram avaliadas entre o 22º e o 43º DAE, em intervalos de sete dias, compreendendo parte da fase vegetativa e início da reprodutiva.

2.2. Características avaliadas para variáveis de produção de grãos

Na fase de maturação de vagem (75 DAE), foram avaliadas as seguintes variáveis de produção de grãos:

2.2.1. Comprimento de vagem (CVag), em cm, por meio da média de cinco vagens tiradas ao acaso de cada parcela, com auxílio de régua graduada.

2.2.2. Número de vagens por planta (NVP).

2.2.3. Número de grãos por vagem (NGV), obtido pela média do número de grãos de cinco vagens tiradas ao acaso.

2.2.4. Massa de cem grãos (MCG), em g, calculado com base nas cinco vagens colhidas ao acaso a partir da seguinte fórmula: $MCG = \left(\frac{MG5V}{NG5V}\right) 100$, onde: MG5V é a massa dos grãos de cinco vagens, e NG5V é o número de grãos das 5 vagens.

2.2.5. Índice de grãos (IG) em porcentagem da massa dos grãos em relação à massa total da vagem, obtido pela fórmula: $IG(\%) = \left(\frac{MG5V}{M5V}\right) 100$, onde M5V é a massa das cinco vagens.

2.2.6. Produtividade (PROD), estimada em função da produção total de cada tratamento, transformada de g parcela⁻¹ para kg ha⁻¹ e corrigida para 13% de umidade.

Os dados foram submetidos ao teste Cochran e de Lilliefors, respectivamente, para verificação da homogeneidade das variâncias e da normalidade dos dados. Posteriormente, realizaram-se as análises de variâncias, com tratamentos submetidos ao teste de Tukey a 1 e 5 % de probabilidade de erro, utilizando-se o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011).

As estimativas de variância fenotípica (VP), genotípica (VG) e ambiental (VE), coeficiente de variação fenotípica (CV_P), genotípica (CV_G) e ambiental (CV_E), relação CV_G/CV_E (b), herdabilidade (h²) e ganho genético (GA) foram efetuadas utilizando-se as seguintes expressões:

$$VP = \frac{QMC}{n}; VG = \frac{QMC-QMR}{n}; VE = \frac{QMR}{n}; CV_P = \left[\left(\sqrt{\frac{VP}{me}} \right) 100 \right]; CV_G =$$

$$\left[\left(\sqrt{\frac{VG}{me}} \right) 100 \right]; CV_E = \left[\left(\sqrt{\frac{VE}{me}} \right) 100 \right]; h^2 = \left(\frac{VG}{VP} \right) 100; GA =$$

$kdp h^2$; $GA (\% \text{ da média}) = \left(\frac{GA}{me} \right) 100$, onde k = 2,06 é a constante para intensidade de seleção de 5 %, QMC, QMR, n, dp e m_e são, respectivamente,

quadrado médio da cultivar, quadrado médio do resíduo, número de repetições, desvio padrão e média dos fenótipos avaliados.

Para as correlações, utilizou-se o programa Genes (CRUZ, 2013).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As variáveis de crescimento, AP (altura da planta), NNRP (número de nós do ramo principal) e FI (florescimento inicial) diferiram-se entre as cultivares. Para as variáveis de produção de grãos, apenas MCG (massa de cem grãos) não se diferiu entre as cultivares. Para as variáveis referentes à nodulação, somente MSR (massa seca da raiz) apresentou divergência entre as cultivares analisadas. Dentre os tratamentos, não ocorreu diferença entre as variáveis. O efeito interação entre as cultivares e tratamentos foi significativo para CVag (comprimento de vagem) e IG (índice de grãos) (Tabela 2.2).

Tabela 2.2 - Resumo da análise de variância para variáveis de crescimento, produção de grãos e referentes à nodulação em cultivares de feijão-caupi avaliadas para diferentes tratamentos. Vitória da Conquista- BA, 2016.

	Cult	Trat	Cult xTrat	Bloco	Erro	CV (%)
Quadrado médio						
Variáveis de crescimento						
AP (cm)	1437,401**	18,776 ^{ns}	98,337 ^{ns}	93,599 ^{ns}	81,287	21,08
NNRP	5,625**	0,121 ^{ns}	0,174 ^{ns}	2,255**	0,436	8,44
NRL	0,803 ^{ns}	1,107 ^{ns}	0,143 ^{ns}	3,929**	0,542	8,10
DC (mm)	0,011 ^{ns}	0,616 ^{ns}	0,306 ^{ns}	0,074 ^{ns}	0,297	5,52
FI(dias)	172,225**	2,962 ^{ns}	8,412 ^{ns}	7,892 ^{ns}	4,058	5,60
Variáveis de produção de grãos						
CVag (cm)	136,97**	4,19 ^{ns}	13,28**	2,00 ^{ns}	3,15	8,62
NVP	78,40*	19,15 ^{ns}	17,28 ^{ns}	23,13 ^{ns}	11,78	39,91
NGV	10,82**	0,60 ^{ns}	1,61 ^{ns}	2,19 ^{ns}	1,38	10,40
IG (%)	520,72*	247,98 ^{ns}	384,97*	39,16 ^{ns}	100,04	13,46
PROD (kg ha ⁻¹)	6760,00*	372,50 ^{ns}	1003,75 ^{ns}	1370,83 ^{ns}	859,26	10,40
MCG (g)	72,75 ^{ns}	52,155 ^{ns}	32,72 ^{ns}	47,185 ^{ns}	32,44	26,06

Tabela 2.2 (continuação) - Resumo da análise de variância para variáveis de crescimento, produção de grãos e referentes à nodulação em cultivares de feijão-caupi avaliadas para diferentes tratamentos. Vitória da Conquista- BA, 2016.

	Cult	Trat	Cult xTrat	Bloco	Erro	CV (%)
Variáveis referentes à nodulação						
MSPA (g)	1,285 ^{ns}	4,947 ^{ns}	3,558 ^{ns}	16,909 ^{ns}	195,28	24,91
NPA (g kg ⁻¹)	76,259 ^{ns}	9,224 ^{ns}	22,216 ^{ns}	68,62 ^{ns}	29,312	19,94
MSR (g)	8,827 ^{**}	0,096 ^{ns}	0,802 ^{ns}	1,060 ^{ns}	0,52	31,50
NNOD	3459,60 ^{ns}	1015,16 ^{ns}	103,41 ^{ns}	5049,50 ^{ns}	2679,98	41,07
MSNOD (mg)	4410,00 ^{ns}	1528,75 ^{ns}	641,25 ^{ns}	4033,33 ^{ns}	2320,37	83,05
NAPA (mg)	3414,31 ^{ns}	6425,00 ^{ns}	10291,00 ^{ns}	20770,40 ^{ns}	9800,53	33,51
ENOD (mg mg ⁻¹)	0,073 ^{ns}	0,478 ^{ns}	0,409 ^{ns}	0,531 ^{ns}	0,290	75,84

Cult – Cultivar, Trat – Tratamentos, Cult x Trat – Interação entre cultivar e tratamentos, CV(%) – Coeficiente de variação. AP – Altura da planta, NNRP – Número de nós do ramo principal, NRL – Número de ramos laterais, DC – Diâmetro do caule, FI – Florescimento inicial, CVag – Comprimento de vagem, NVP – Número de vagem por planta, NGV – Número de grãos por vagem, IG – Índice de grãos, PROD – Produtividade, MCG – Massa de cem grãos, MSPA – Massa seca da parte aérea, NPA – Nitrogênio da parte aérea, MSR – Massa seca da raiz, NNOD- Número de nódulos, MSNOD – Massa seca dos nódulos, NAPA – Nitrogênio acumulado da parte aérea, ENOD – Eficiência nodular. ^{ns} Não houve diferença significativa. *Diferiram-se pelo teste Tukey a 5 % de probabilidade. ** Diferiram-se pelo teste Tukey a 1 % de probabilidade.

A altura da planta (AP), o número de nós do ramo principal (NNRP) e o florescimento inicial (FI) foram as variáveis de crescimento que se diferiram entre as cultivares. Esses resultados eram esperados, pois as cultivares possuem portes diferentes, quais sejam a BRS Guariba, semiereto e BRS Xique-xique, semiprostrado. Para as características analisadas em relação às variáveis de crescimento, não ocorreu diferença entre os tratamentos, como também não houve interação entre as cultivares os tratamentos em estudo (Tabela 2.2 e 2.5).

As variáveis CVag (comprimento de vagem), NPV (número de vagem por planta), número de grãos por vagem (NGV), índice de grãos (IG) e produtividade (PROD) diferiram-se entre as cultivares. Resultados esperados em virtude da diferença na arquitetura da planta e no porte. Ao se avaliarem os

diferentes tratamentos, verificou-se que não ocorreu diferença entre eles para as variáveis analisadas, no entanto houve interação entre cultivares e tratamentos para comprimento de vagem (CVag) e índice de grãos (IG). O primeiro indica que vagens menores têm maior sustentação, reduzem a possibilidade de quebra e não se encostam ao chão, o que reduz a ocorrência de perdas por apodrecimento (SILVA e NEVES, 2011 a). O segundo mede a eficácia da cultivar na alocação de fotoassimilados para os grãos (ALVES e colaboradores, 2009) (Tabelas 2.2 e 2.5).

A massa seca da raiz (MSR) foi à única variável referente à nodulação que se diferiu entre as cultivares. Essa diferença pode ser atribuída à distinta capacidade das cultivares de buscarem nutrientes no solo (Tabelas 2.2 e 2.5).

As variáveis que apresentaram diferenças entre as cultivares (Tabela 2.2) evidenciaram a existência de ampla variabilidade genética entre as cultivares em estudo; a existência dessa variabilidade em uma população é fator determinante para o sucesso do programa de melhoramento das cultivares em estudo, que se mostraram inicialmente promissoras, determinando as estimativas de parâmetros genéticos (Tabela 2.3).

Tabela 2.3 - Parâmetros genéticos para variáveis de crescimento, produção de grãos e referentes à nodulação em cultivares de feijão-caupi avaliadas para diferentes tratamentos. Vitória da Conquista-BA, 2016.

	VP	VG	VE	CV _P	CV _G	CV _E	<i>b</i>	h ²	GA (%)
Variáveis de crescimento									
AP	359,35	339,03	22,32	44,32	43,04	10,54	4,08	94,35	48,16
NNRP	1,41	1,30	0,11	15,14	14,55	4,22	3,45	92,25	19,66
FI	43,06	42,04	1,02	18,24	18,02	2,80	6,44	97,64	16,77
Variáveis de produção de grãos									
CVag	34,24	33,45	0,79	28,44	28,10	4,31	6,52	97,70	5,56
NVP	19,60	16,66	2,94	51,48	47,45	19,95	2,38	84,97	80,60
NGV	2,70	2,36	0,34	14,59	13,63	5,21	2,62	87,25	20,25
IG	130,18	105,17	25,01	15,36	13,80	6,73	2,05	80,79	27,49
PROD	1690,00	1475,19	214,81	14,59	13,63	5,20	2,62	87,29	57,29

Tabela 2.3 (continuação) - Parâmetros genéticos para variáveis de crescimento, produção de grãos e referentes à nodulação em cultivares de feijão-caupi avaliadas para diferentes tratamentos. Vitória da Conquista-BA, 2016.

	VP	VG	VE	CV _P	CV _G	CV _E	b	h ²	GA (%)
Variáveis referentes à nodulação									
MSR	2,21	2,08	0,13	64,87	62,93	15,75	4,00	94,11	73,65

VP – Variância fenotípica, VG – Variância genotípica, VE – Variância ambiental, CVP - Coeficiente de variação fenotípica, CVG - Coeficiente de variação genotípica, CVE - Coeficiente de variação ambiental, b - relação CVG/CVE, h² - herdabilidade e GA % - Ganho genético. AP – Altura da planta, NNRP – Número de nós do ramo principal, FI - Florescimento inicial, CVag – Comprimento de vagem, NVP – Número de vagem por planta, NGV – Número de grãos por vagem, IG – Índice de grãos, PROD – Produtividade, MSR – Massa seca da raiz.

A VP (variância fenotípica) foi mais elevada que VG (variância genotípica). Os valores de VP oscilaram de 1,41 (NNRP) a 1690,00 (PROD), enquanto VG variou de 1,30 a 1475,19, para as mesmas variáveis. Essa variação entre VP e VG indica que houve influência ambiental sobre as cultivares em estudo. Essa influência pode ser observada pela VE (variância ambiental), com resultados que variam de 0,11(NNRP) a 214,81 (PROD) (Tabela 2.3).

Resultados distintos para VP, VG e VE foram obtidos por Machado e colaboradores (2008) para AP (altura da planta) (61,50; 53,81 e 7,69), NNRP (número de nós do ramo principal) (1,22; 0,97 e 0,25), FI (florescimento inicial) (2,76; 2,62; 0,14) e PROD (produtividade) (51012,11; 35195,01; 15817,10) ao analisarem diferentes cultivares de feijão-caupi quanto à precocidade, arquitetura da planta e produtividade de grãos.

Santos e colaboradores (2012), para FI (2,32; 1,91 e 0,41), CVag (comprimento de vagem) (0,68; 0,41; 0,27), NVP (número de vagem por planta) (1,73; 1,07; 0,67), NGV (número de grãos por vagem) (0,83; 0,53; 0,30), IG (índice de grãos) (21,18; 12,70; 8,47) e PROD (50237,71; 32492,80; 17745,62) ao estudarem análise genética e de desempenho de cultivares de feijão-caupi cultivados na transição do cerrado-pantanal; e também nos estudos de Correa e

colaboradores (2012) para FI (1,62; 1,21; 0,41), CVag (1,35; 1,06 e 0,29), NGV (44,23; 33,80; 10,43) e PROD (182050,36; 171875,09; 10175,27).

As variáveis NNRP (número de nós do ramo principal), FI, NGV, IG e PROD obtiveram coeficiente da variação fenotípica (CV_P) média, enquanto AP, CVag, NVP e MSR (massa seca da raiz) foram elevadas. Resultados diferentes foram obtidos por Gerrano e colaboradores (2015) para NGV (27,01), ao analisarem variabilidade genética em 25 genótipos de feijão-caupi.

O NNRP, FI, NGV, IG e PROD apresentaram CV_G (coeficientes de variação genotípica) média; para AP, CVag, NVP e MSR, foi elevada; isso evidência ausência de dificuldades na seleção para essas variáveis. Resultados inferiores foram obtidos por Bertini e colaboradores (2009) e por Silva e colaboradores (2014), respectivamente, 11,50 e 6,19. Silva e colaboradores (2014) observaram resultados superiores para NGV (20,30). Esse coeficiente permite comparar a variabilidade existente dentro da mesma população ou em diferentes populações para diversas variáveis (RAMALHO e colaboradores, 2005).

Resultados próximos entre CV_P e CV_G , indicam o mínimo efeito ambiental, pois os valores obtidos para estimativas de CV_P são aplicados mais aos fatores genéticos do que ambiental, como pode ser ressaltado para CV_E , que foram baixos para as variáveis NNRP, FI, CVag, NGV, IG e PROD, indicação de elevada precisão experimental.

O valor do CV_E obtido por Silva e colaboradores (2014) para CVag (5,74) foi superior ao encontrado neste estudo e próximo ao observado por Benvindo e colaboradores (2010) para FI (2,86). Esses mesmos autores obtiveram resultados superiores aos obtidos neste trabalho para as variáveis AP, NNRP e PROD, tanto em sequeiro quanto em cultivo irrigado.

O valor de b mostra maior influência de CV_G em relação à CV_E . Os valores obtidos dessa relação foram superiores a um, para todas as variáveis

analisadas, indicando que os efeitos genéticos destacaram-se em relação aos efeitos ambientais; essas variáveis são passíveis de seleção através do melhoramento genético, pois há muita variabilidade genética para as variáveis analisadas.

Resultados inferiores foram obtidos por Correa e colaboradores (2012), que constataram 0,86 e 0,96, respectivamente, para FI e CV_{ag}, ao analisarem estimativas de parâmetros genéticos em 19 cultivares de feijão-caupi. Benvido e colaboradores (2010) obtiveram 0,57 e 1,23; 0,65 e 0,89; 0,21 e 0,55; 1,39 e 2,40, respectivamente, para FI, AP, NNRP e PROD em regime de sequeiro e irrigado para genótipos de feijão-caupi de porte semiprostrado.

Essas divergências em relação às variáveis analisadas para VP, VG, VE, CV_P, CV_G, CV_E e *b* com os autores mencionados são devidas ao uso de diferentes cultivares utilizadas, local e condução do experimento (a campo ou em cultivo protegido) e condições edafoclimáticas.

Um dos parâmetros genéticos que mais colaboram para o trabalho do melhorista é a h^2 , pois fornece a proporção da VG presente na VP, conferindo-lhe a confiabilidade do valor fenotípico como indicador do valor reprodutivo, o que é de grande utilidade para os melhoristas; uma vez que lhes possibilita prever a possibilidade de sucesso com a seleção (RAMALHO e colaboradores, 2008).

Esse parâmetro foi elevado para as variáveis analisadas, com valores que oscilaram entre 80,79 (IG) e 97,70 (CV). Esses resultados eram esperados, porque essa cultura é uma planta autógama, cuja flor apresenta uma estrutura que envolve o estigma e os estames numa estrutura em forma de espiral, facilitando a autofecundação.

Esse resultado também foi relatado por Ajayi e colaboradores (2014), os quais, estudando a expressão de uma variável e as diferenças no potencial de

rendimento de 10 genótipos de feijão-caupi, obtiveram elevada h^2 para NNRP (79,78), FI (97,28) e CVag (99,62).

Outro parâmetro é o GA (ganho genético), que melhora a resposta para seleção, associada com herdabilidade e escolha do melhorista (BUENO, 2001). Esse parâmetro foi alto para AP, NVP, NGV, IG, PROD e MSR, médio para NNRP e FI e baixo apenas para CVag. Resultados inferiores foram obtidos por Ajayi e colaboradores (2014) para AP (29,44) e superiores para FI (54,30), NNRP (43,09) e CVag (77,24).

Passos e colaboradores (2011) observaram GA de 5,32 % para produtividade de grãos em 20 cultivares de feijão-caupi de porte ereto. Tais dados diferem-se dos resultados obtidos neste trabalho, pois o GA para PROD foi de 57,29 %, praticamente 10 vezes mais elevado que os resultados obtidos por esses autores. Isso pode ser explicado pela quantidade de cultivares utilizada, como também pelas diferentes metodologias aplicadas durante a condução do experimento.

Para as variáveis AP, NVP, NGV, IG, PROD e MSR, tanto h^2 quanto GA foram elevados; infere-se disso que há predominância da ação gênica aditiva (MANGGOEL e colaboradores, 2012), sendo que a variável é fortemente influenciada pelo componente genético e fracamente pelo fator ambiental. Por isso, recomenda-se a utilização do tipo simples de método de seleção, como a seleção massal, pois elevada herdabilidade juntamente com alto ganho genético garante uma seleção eficiente para melhoria das características avaliadas.

3.1. Estimativas de correlações fenotípicas, genotípicas e ambientais

A correlação reflete o grau de associação entre duas variáveis. Seu conhecimento é importante porque possibilita ao melhorista saber como a seleção para uma variável influencia na expressão de outras variáveis e também

porque, nos programas de melhoramento, geralmente, além de melhoria da variável principal, busca-se o aprimoramento de outras variáveis da planta (CRUZ e colaboradores, 2012).

As estimativas de r_p (correlações fenotípicas) não se diferiram entre as variáveis analisadas. Não houve diferença em relação às estimativas de r_G (correlações genotípicas) para às variáveis NAPA e ENOD. O contrário foi verificado para as r_E (correlações ambientais), exceto para AP, NNRP, CVag, NVP, NGV, PROD e IG, comprovação de que essas variáveis são influenciadas pelo ambiente, o que corrobora com os resultados discutidos anteriormente. Em relação à variável DC, não ocorreu correlação significativa para as variáveis em estudo (Tabela 2.4).

Tabela 2.4 - Estimativas das correlações fenotípicas (r_P), genotípicas (r_G) e ambiental (r_E) para variáveis de crescimento, produção de grãos e referentes à nodulação em cultivares de feijão-caupi avaliadas para diferentes tratamentos. Vitória da Conquista-BA, 2016.

		NNRP	NRL	DC	FI	CV	NVP	NGV	IG	PROD	MCG	MSPA	NPA	MSR	NNOD	MSN	NAPA	ENOD
AP	r_P	1,00 ^{ns}	- 1,00 ^{ns}	- 1,00 ^{ns}	- 1,00 ^{ns}	1,00 ^{ns}	1,00 ^{ns}	1,00 ^{ns}	1,00 ^{ns}	1,00 ^{ns}	1,00 ^{ns}	-1,00 ^{ns}	1,00 ^{ns}	1,00 ^{ns}	-1,00 ^{ns}	1,00 ^{ns}	1,00 ^{ns}	-1,00 ^{ns}
	r_G	1,00 ^{**}	1,00 ^{**}	-0,45 ^{ns}	1,00 ^{**}	1,00 ^{**}	1,00 ^{**}	1,00 ^{**}	1,00 ^{**}	1,00 ^{**}	1,00 ^{**}	-0,45 ^{ns}	1,00 ^{**}	1,00 ^{**}	1,00 ^{**}	1,00 ^{**}	-0,45 ^{ns}	-0,45 ^{ns}
	r_E	0,50 [*]	0,37 ^{ns}	-0,16 ^{ns}	-0,20 ^{ns}	0,09 ^{ns}	-0,34 ^{ns}	-0,37 ^{ns}	0,06 ^{ns}	-0,37 ^{ns}	0,45 ^{ns}	0,51 [*]	0,10 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,44 ^{ns}	-0,43 ^{ns}	-0,28 ^{ns}
NNRP	r_P		- 1,00 ^{ns}	- 1,00 ^{ns}	- 1,00 ^{ns}	1,00 ^{ns}	1,00 ^{ns}	1,00 ^{ns}	1,00 ^{ns}	1,00 ^{ns}	1,00 ^{ns}	-1,00 ^{ns}	1,00 ^{ns}	1,00 ^{ns}	-1,00 ^{ns}	1,00 ^{ns}	1,00 ^{ns}	-1,00 ^{ns}
	r_G		1,00 ^{**}	-0,45 ^{ns}	1,00 ^{**}	1,00 ^{**}	1,00 ^{**}	1,00 ^{**}	1,00 ^{**}	1,00 ^{**}	1,00 ^{**}	-0,45 ^{ns}	1,00 ^{**}	1,00 ^{**}	1,00 ^{**}	1,00 ^{**}	-0,45 ^{ns}	-0,45 ^{ns}
	r_E		-0,14 ^{ns}	-0,26 ^{ns}	-0,01 ^{ns}	0,46 ^{ns}	-0,13 ^{ns}	-0,09 ^{ns}	-0,31 ^{ns}	-0,01 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,39 ^{ns}	0,40 ^{ns}	0,36 ^{ns}	0,26 ^{ns}	0,38 ^{ns}	0,45 ^{ns}	-0,29 ^{ns}
NRL	r_P			1,00 ^{ns}	1,00 ^{ns}	-1,00 ^{ns}	-1,00 ^{ns}	-1,00 ^{ns}	-1,00 ^{ns}	-1,00 ^{ns}	-1,00 ^{ns}	1,00 ^{ns}	1,00 ^{ns}	1,00 ^{ns}	1,00 ^{ns}	-1,00 ^{ns}	-1,00 ^{ns}	1,00 ^{ns}
	r_G			-0,45 ^{ns}	1,00 ^{**}	1,00 ^{**}	1,00 ^{**}	1,00 ^{**}	1,00 ^{**}	1,00 ^{**}	1,00 ^{**}	-0,45 ^{ns}	1,00 ^{**}	1,00 ^{**}	1,00 ^{**}	1,00 ^{**}	-0,45 ^{ns}	-0,45 ^{ns}
	r_E			0,39 ^{ns}	-0,74 ^{**}	-0,32 ^{ns}	-0,45 ^{ns}	-0,70 ^{ns}	0,20 ^{ns}	-0,08 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,59 ^{ns}	0,34 ^{ns}	0,34 ^{ns}	0,34 ^{ns}	0,39 ^{ns}	0,61 ^{**}	-0,51 [*]
DC	r_P				1,00 ^{ns}	-1,00 ^{ns}	-1,00 ^{ns}	-1,00 ^{ns}	-1,00 ^{ns}	-1,00 ^{ns}	-1,00 ^{ns}	1,00 ^{ns}	-1,00 ^{ns}	1,00 ^{ns}	1,00 ^{ns}	-1,00 ^{ns}	-1,00 ^{ns}	-1,00 ^{ns}
	r_G				-0,45 ^{ns}	-0,45 ^{ns}	-0,45 ^{ns}	-0,45 ^{ns}	-0,45 ^{ns}	-0,45 ^{ns}	-0,45 ^{ns}	-0,06 ^{ns}	-0,45 ^{ns}	-0,45 ^{ns}	-0,45 ^{ns}	-0,45 ^{ns}	-0,06 ^{ns}	-0,06 ^{ns}
	r_E				-0,18 ^{ns}	-0,78 ^{ns}	-0,43 ^{ns}	-0,40 ^{ns}	-0,29 ^{ns}	-0,40 ^{ns}	-0,52 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,33 ^{ns}	-0,80 ^{ns}	-0,29 ^{ns}	-0,06 ^{ns}	0,31 ^{ns}	0,18 ^{ns}
FI	r_P					-1,00 ^{ns}	1,00 ^{ns}	-1,00 ^{ns}	1,00 ^{ns}	1,00 ^{ns}	-1,00 ^{ns}	-1,00 ^{ns}	1,00 ^{ns}					
	r_G					1,00 ^{**}	-0,45 ^{ns}	1,00 ^{**}	1,00 ^{**}	1,00 ^{**}	1,00 ^{**}	-0,45 ^{ns}	-0,45 ^{ns}					
	r_E					-0,41 ^{ns}	-0,01 ^{ns}	0,08 ^{ns}	-0,07 ^{ns}	0,08 ^{ns}	-0,15 ^{ns}	-0,64 ^{**}	-0,30 ^{ns}	-0,58 [*]	-0,67 ^{**}	-0,69 ^{**}	-0,61 ^{**}	0,71 ^{**}
CV	r_P						1,00 ^{ns}	-1,00 ^{ns}	1,00 ^{ns}	-1,00 ^{ns}	- 1,00 ^{ns}	1,00 ^{ns}	1,00 ^{ns}	-1,00 ^{ns}				
	r_G						1,00 ^{**}	-0,45 ^{ns}	1,00 ^{**}	1,00 ^{**}	1,00 ^{**}	1,00 ^{**}	-0,45 ^{ns}	-0,45 ^{ns}				
	r_E						0,40 ^{ns}	0,44 ^{ns}	-0,03 ^{ns}	0,44 ^{ns}	0,33 ^{ns}	0,04 ^{ns}	-0,17 ^{ns}	0,45 ^{ns}	0,37 ^{ns}	0,28 ^{ns}	-0,07 ^{ns}	-0,44 ^{ns}
NVP	r_P							1,00 ^{ns}	1,00 ^{ns}	1,00 ^{ns}	1,00 ^{ns}	-1,00 ^{ns}	1,00 ^{ns}	-1,00 ^{ns}	-1,00 ^{ns}	1,00 ^{ns}	1,00 ^{ns}	-1,00 ^{ns}
	r_G							1,00 ^{**}	1,00 ^{**}	1,00 ^{**}	1,00 ^{**}	-0,45 ^{ns}	1,00 ^{**}	1,00 ^{**}	1,00 ^{**}	1,00 ^{**}	-0,45 ^{ns}	-0,45 ^{ns}
	r_E							0,88 ^{**}	0,72 [*]	0,88 ^{**}	0,17 ^{ns}	-0,24 ^{ns}	-0,15 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,06 ^{ns}	-0,17 ^{ns}	-0,27 ^{ns}	-0,33 ^{ns}

Tabela 2.4 (continuação) - Estimativas das correlações fenotípicas (r_P), genotípicas (r_G) e ambiental (r_E) para variáveis de crescimento, produção de grãos e referentes à nodulação em cultivares de feijão-caupi avaliadas para diferentes tratamentos. Vitória da Conquista-BA, 2016.

		NNRP	NRL	DC	FI	CV	NVP	NGV	IG	PROD	MCG	MSPA	NPA	MSR	NNOD	MSN	NAPA	ENOD
NGV	r_P								1,00 ^{ns}	1,00 ^{ns}	1,00 ^{ns}	-1,00 ^{ns}	1,00 ^{ns}	-1,00 ^{ns}	-1,00 ^{ns}	1,00 ^{ns}	1,00 ^{ns}	-1,00 ^{ns}
	r_G								1,00 ^{**}	1,00 ^{**}	1,00 ^{**}	-0,45 ^{ns}	1,00 ^{**}	1,00 ^{**}	1,00 ^{**}	1,00 ^{**}	-0,45 ^{ns}	-0,45 ^{ns}
	r_E								0,48 [*]	1,00 ^{ns}	-0,15 ^{ns}	-0,16 ^{ns}	-0,19 ^{ns}	0,14 ^{ns}	-0,11 ^{ns}	-0,24 ^{ns}	-0,23 ^{ns}	-0,26 ^{ns}
IG	r_P									1,00 ^{ns}	1,00 ^{ns}	-1,00 ^{ns}	1,00 ^{ns}	-1,00 ^{ns}	-1,00 ^{ns}	1,00 ^{ns}	1,00 ^{ns}	-1,00 ^{ns}
	r_G									1,00 ^{**}	1,00 ^{**}	-0,45 ^{ns}	1,00 ^{**}	1,00 ^{**}	1,00 ^{**}	1,00 ^{**}	-0,45 ^{ns}	-0,45 ^{ns}
	r_E									0,49 ^{**}	0,46 ^{ns}	-0,29 ^{ns}	-0,26 ^{ns}	-0,28 ^{ns}	-0,13 ^{ns}	-0,21 ^{ns}	-0,35 ^{ns}	-0,17 ^{ns}
PROD	r_P										1,00 ^{ns}	-1,00 ^{ns}	1,00 ^{ns}	-1,00 ^{ns}	-1,00 ^{ns}	1,00 ^{ns}	1,00 ^{ns}	-1,00 ^{ns}
	r_G										1,00 ^{**}	-0,45 ^{ns}	1,00 ^{**}	1,00 ^{**}	1,00 ^{**}	1,00 ^{**}	-0,45 ^{ns}	-0,45 ^{ns}
	r_E										-0,15 ^{ns}	-0,16 ^{ns}	-0,19 ^{ns}	0,14 ^{ns}	-0,11 ^{ns}	-0,24 ^{ns}	-0,23 ^{ns}	-0,26 ^{ns}
MCG	r_P											-1,00 ^{ns}	1,00 ^{ns}	-1,00 ^{ns}	-1,00 ^{ns}	1,00 ^{ns}	1,00 ^{ns}	-1,00 ^{ns}
	r_G											-0,45 ^{ns}	1,00 ^{**}	1,00 ^{**}	1,00 ^{**}	1,00 ^{**}	-0,45 ^{ns}	-0,45 ^{ns}
	r_E											-0,03 ^{ns}	-0,16 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,35 ^{ns}	0,30 ^{ns}	-0,10 ^{ns}	-0,36 ^{ns}
MSPA	r_P												-1,00 ^{ns}	1,00 ^{ns}	1,00 ^{ns}	-1,00 ^{ns}	-1,00 ^{ns}	1,00 ^{ns}
	r_G												-0,45 ^{ns}	-0,45 ^{ns}	-0,45 ^{ns}	-0,45 ^{ns}	-0,06 ^{ns}	-0,06 ^{ns}
	r_E												0,38 ^{**}	0,73 ^{**}	0,49 ^{**}	0,78 ^{**}	0,92 ^{**}	-0,66 ^{**}
NPA	r_P													-1,00 ^{ns}	-1,00 ^{ns}	1,00 ^{ns}	1,00 ^{ns}	1,00 ^{ns}
	r_G													1,00 ^{**}	1,00 ^{**}	1,00 ^{**}	-0,45 ^{ns}	-0,45 ^{ns}
	r_E													0,21 ^{ns}	0,32 ^{ns}	0,28 ^{ns}	0,72 ^{**}	-0,24 ^{ns}
MSR	r_P														1,00 ^{ns}	-1,00 ^{ns}	-1,00 ^{ns}	1,00 ^{ns}
	r_G														1,00 ^{**}	1,00 ^{**}	-0,45 ^{ns}	-0,45 ^{ns}
	r_E														-0,80 ^{ns}	0,80 [*]	0,63 [*]	-0,83 [*]

Tabela 2.4 (continuação) - Estimativas das correlações fenotípicas (r_P), genotípicas (r_G) e ambiental (r_E) para variáveis de crescimento, produção de grãos e referentes à nodulação em cultivares de feijão-caupi avaliadas para diferentes tratamentos. Vitória da Conquista-BA, 2016.

		NNRP	NRL	DC	FI	CV	NVP	NGV	IG	PROD	MCG	MSPA	NPA	MSR	NNOD	MSN	NAPA	ENOD
NNOD	r_P															-1,00 ^{ns}	-1,00 ^{ns}	1,00 ^{ns}
	r_G															1,00 ^{**}	-0,45 ^{ns}	-0,45 ^{ns}
	r_E															0,83 ^{**}	0,49 [*]	-0,83 ^{**}
MMSN	r_P																1,00 ^{ns}	-1,00 ^{ns}
	r_G																-0,45 ^{ns}	-0,45 ^{ns}
	r_E																0,70 ^{**}	-0,81 ^{**}
NAPA	r_P																	-1,00 ^{ns}
	r_G																	-0,06 ^{ns}
	r_E																	-0,58 ^{**}

AP – Altura da planta, NNRP – Número de nós do ramo principal, NRL – Número de ramos laterais, DC – Diâmetro do caule, FI – Florescimento inicial, CVag – Comprimento de vagem, NVP – Número de vagem por planta, NGV – Número de grãos por vagem, IG – Índice de grãos, PROD – Produtividade, MCG – Massa de cem grãos, MSPA – Massa da matéria seca parte aérea, NPA – Nitrogênio da parte aérea, MSR – Massa da matéria seca raiz, NNOD- Número de nódulos, MMSN – Massa da matéria seca dos nódulos, NAPA – Nitrogênio acumulado parte aérea, ENOD – Eficiência nodular. ^{ns}; *; **: Na linha, não houve diferença significativa; diferiram-se na linha pelo teste Tukey a 5 % e 1 % de probabilidade.

A AP apresentou r_{GS} significativas positivas perfeitas entre NNRP, NRL, FI, CVag, NVP, NGV, IG, PROD, MCG, NPA (nitrogênio parte aérea), MSR, NNOD (número de nódulos) e MSN (massa seca dos nódulos). O mesmo foi observado entre as variáveis NNRP, NRL, FI, CVag, NVP, NGV, IG, PROD, MCG, NPA e MSR em relação às mesmas variáveis. Resultado esperado, pois, com o aumento da AP, melhor será sua arquitetura, produtividade e desempenho radicular. As demais r_{GS} não foram significativas, possivelmente pela quantidade de fenótipos analisados neste trabalho.

Andrade e colaboradores (2010) e Silva e colaboradores (2014), ao analisarem correlações entre variáveis em feijão-caupi, obtiveram r_G positiva entre CVag e NGV, o que corrobora com os resultados obtidos neste trabalho, pois, quanto maior o CVag, maior será a quantidade de grãos. Esses mesmos autores encontraram r_G negativa entre CVag e MCG, diferindo-se dos resultados deste trabalho, devido ao fato de, neste, haver diferentes cultivares utilizadas e pela quantidade de genótipos.

Resultados semelhantes para r_F e r_G , entre NGV e MCG, foram obtidos por Regis e colaboradores (2014) e Correa e colaboradores (2015). Porém, esses dados são discrepantes com relação aos obtidos por Andrade e colaboradores (2010) e Silva e colaboradores (2014), que apresentaram correlações negativas para NGV com MCG e PROD. Esses resultados contrastantes podem ser decorrentes das cultivares utilizadas, da metodologia empregada e das condições edafoclimáticas.

A r_E (correlação ambiental) apresentou significância positiva moderada para NNRP e MSPA (massa seca parte aérea) em relação à AP, resultado esperado, pois, quanto maior for a planta, maior será o NNRP e MSPA. O NRL obteve correlação significativa negativa forte para FI e moderada para NAPA e ENOD, esse resultado implica que o NRL não interfere no FI, mas, em relação

ao NAPA, quanto maior for o NRL, espera-se maior biomassa e, conseqüentemente, o NAPA.

O FI obteve r_E significância negativa moderada para as variáveis MSPA, MSR, NNOD, MMSN e NAPA e positiva forte para ENOD, implicando que, quanto mais precoce for o florescimento, menor será MSPA, MSR, NNOD, MMSN e NAPA.

O NVP obteve correlação significativa positiva forte para NGV, IG e PROD. O NGV também obteve correlação positiva moderada para IG. O IG também obteve correlação positiva moderada para PROD. Essas correlações foram positivas, pois são variáveis de produção, ou seja, quanto maior for o NVP, mais grãos existirão em cada viagem e, conseqüentemente, maior produtividade.

A MSPA obteve r_E significativa positiva fraca para NPA, moderada para NNOD, elevada para MSR, MSN e NAPA, sendo significativa negativa moderada para ENOD, o que evidencia maior biomassa tanto da parte aérea quanto radicular. A variável NPA obteve r_E significativa positiva forte para NAPA, resultado esperado, pois essas variáveis estão relacionadas à quantidade de nitrogênio da parte aérea.

Enquanto a MSR obteve r_E significativa negativa forte para NNOD e ENOD, implicando que, quanto menor MSR, maior será a quantidade de nódulos e, conseqüentemente, maior ENOD, e positiva forte e moderada, respectivamente, para MSN e NAPA, pois, aumentando a quantidade de raiz, a planta obterá maior porte aéreo, que terá maior acúmulo de nitrogênio. O NNOD também obteve r_E significativa positiva forte para MSN, moderada para NAPA e negativa forte para ENOD. A MSN também obteve r_E significativa positiva moderada para NAPA e negativa forte para ENOD.

Para as variáveis que obtiveram r_E significativas, implica-se que os dois caracteres são influenciados pelas condições ambientais, sendo positiva quando

o efeito dessas variações for favorável ou negativa quando o efeito for desfavorável às duas variáveis concomitantemente (SANTOS e colaboradores, 2012).

3.2. Características avaliadas para variáveis de crescimento

As variáveis AP, NNRP e FI diferiram-se entre as cultivares. Em relação aos diferentes tratamentos, não houve diferença entre as cultivares para as variáveis de crescimento (Tabela 2.5).

Tabela 2.5 – Variáveis de crescimento em cultivares de feijão-caupi. Vitória da Conquista-BA, 2016.

	BRS Guariba		BRS Xique-xique		Média	DMS	
AP (cm) **	48,77 a		36,78 b		42,78	5,85	
NNRP **	8,20 a		7,45 b		7,82	0,43	
NRL ^{ns}	8,95 a		9,23 a		9,09	0,48	
DC (mm) ^{ns}	9,86 a		9,89 a		9,88	0,35	
FI(dias) **	33,90 a		38,05 b		35,98	1,31	
	TA	TR	FBN	EM	FBN/EM	Média	DMS
AP (cm) ^{ns}	40,76 a	42,75 a	42,98 a	45,04 a	42,36 a	42,78	13,19
NNRP ^{ns}	7,71 a	7,83 a	7,88 a	8,00 a	7,71a	7,83	0,97
NRL ^{ns}	8,67 a	9,29 a	8,96 a	9,62 a	8,92 a	9,09	1,08
DC (mm) ^{ns}	9,65 a	9,93 a	10,29 a	9,93 a	9,60 a	9,88	0,80
FI (dias) ^{ns}	35,88 a	35,75 a	35,88 a	35,88 a	37,00 a	35,98	2,95

DMS – Diferença mínima significativa, AP – Altura da planta, NNRP – Número de nós do ramo principal, NRL – Número de ramos laterais, DC – Diâmetro do caule, FI – Florescimento inicial, TA – Testemunha absoluta, TR – Testemunha relativa, FBN – Fixação biológica de nitrogênio, EM – Microrganismos Eficazes. ^{ns}; *, **: Na linha, não houve diferença significativa; diferiram-se na linha pelo teste Tukey a 5 % e 1 % de probabilidade.

A cultivar BRS Guariba foi superior à BRS Xique-xique para as variáveis AP, NNRP e FI, com valores que oscilaram de 36,78 a 48,77; 7,45 a 8,20 e 33,90 a 38,05, correspondentes às variáveis mencionadas anteriormente em relação às cultivares em estudo. Essa diferença para AP e NNRP pode ser

devida ao diferente porte das cultivares, dado que a BRS Guariba é de porte semiereto, enquanto a BRS Xique-xique tem porte semiprostrado.

A cultivar BRS Guariba obteve AP de 48,77 cm, superior ao encontrado por Guimarães e colaboradores (2015), que, ao analisarem o desenvolvimento da cultivar BRS Novaera, inoculada com rizóbio recomendado para feijão guandu, obtiveram entre 28 e 45 cm. Essa variação pode ser em virtude das condições climáticas, condução do experimento e tipo de solo, visto que essas cultivares apresentam porte semiereto.

Para NNRP, a BRS Guariba alcançou 8,2, enquanto a BRS Xique-xique, 7,45. Essa diferença pode estar relacionada com a arquitetura da planta, pois a BRS Guariba possui entrenós curtos, o que possibilita maior número de nós. Esses resultados foram inferiores aos apresentados por Oliveira e colaboradores (2015) ao analisarem cultivares de feijão-caupi, coletados na microrregião de Cruzeiro do Sul, Acre, Brasil, exceto para BRS Corujinha; os autores obtiveram resultados que oscilaram de 1,3 a 8, diferença essa associada às distintas condições climáticas e cultivares utilizadas.

Em relação ao florescimento, a BRS Guariba é uma cultivar precoce, iniciou o FI aos 33,9 DAE, enquanto a BRS Xique-xique necessita de 38,05 DAE para iniciar o florescimento. Resultados superiores foram relatados por Freire Filho e colaboradores (2011) ao mencionarem que o início da floração para as cultivares BRS Guariba e BRS Xique-xique foram 41 e 40 a 45 DAE. Essa oscilação pode ser explicada pelo fato de os locais onde foram conduzidos os experimentos terem sido diferentes, como também pela quantidade de água fornecida à planta.

Resultados próximos foram obtidos por Oliveira e colaboradores (2015) para as cultivares BRS Manteiguinha Roxo, BRS Manteiguinha, BRS Quarentão, BRS Preto de Rama e BRS Corujinha, com início do florescimento aos 40 dias.

A cultivar BRS Guariba alcançou melhor desempenho em relação à BRS Xique-xique, pois obteve maior AP, NNRP e precocidade no florescimento; isso implica menor número de dias para completar o ciclo, o que corrobora com os resultados obtidos para as variáveis de crescimento e produção (Tabelas 2.5 e 2.6).

3.3. Características avaliadas para a variáveis de produção de grãos

As variáveis CVag, NVP, NGV, IG e PROD diferiram-se entre as cultivares em estudo; não houve diferença em relação à variável MCG. Para tratamentos, não apresentaram diferença entre as variáveis de produção dentre as cultivares (Tabela 2.6).

Tabela 2.6 – Variáveis de produção de grãos em cultivares de feijão-caupi. Vitória da Conquista-BA, 2016.

	BRS Guariba	BRS Xique-xique	Média	DMS			
CVag (cm) **	22,43 a	18,73 b	20,58	1,15			
NVP [†]	10,00 a	7,20 b	8,60	2,23			
NGV ^{**}	11,79 a	10,75 b	11,27	0,76			
IG (%) [*]	77,89 a	70,68 b	74,29	6,49			
PROD (kg ha ⁻¹) [*]	294,75 a	268,75 b	281,75	19,03			
MCG (g) ^{ns}	23,20 a	20,50 a	21,85	3,70			
	TA	TR	FBN	EM	FBN/EM	Média	DMS
CVag ^{ns}	19,81 a	21,20 a	21,08 a	21,49 a	21,11 a	21,15	1,70
NVP ^{ns}	9,38 a	9,88 a	6,88 a	10,50 a	10,50 a	9,53	3,56
NGV ^{ns}	11,48 a	11,20 a	10,88 a	11,23 a	11,58 a	11,27	1,72
IG ^{ns}	77,56 a	67,39 a	69,18 a	77,75 a	79,55 a	74,28	14,63
PROD ^{ns}	286,88 a	280,00 a	271,88 a	280,63 a	289,38 a	281,75	42,87
MCG ^{ns}	19,64 a	19,49 a	22,63 a	25,73 a	21,76 a	21,85	8,33

DMS – Diferença mínima significativa, CVag – Comprimento de vagem, NVP – Número de vagem por planta, NGV – Número de grãos por vagem, IG – Índice de grãos, PROD – Produtividade, MCG – Massa de cem grãos, TA – Testemunha absoluta, TR – Testemunha relativa, FBN – Fixação biológica de nitrogênio, EM – Microrganismos Eficazes. ^{ns}, ^{*}, ^{**}: Na linha, não houve diferença significativa; diferiram-se na linha pelo teste Tukey a 5 % e 1 % de probabilidade.

O CVag diferiu-se entre as cultivares. A cultivar BRS Guariba obteve maior comprimento e relação da BRS Xique-xique. Implica que a BRS Guariba alcançará maior NVP, NGP e, conseqüentemente, PROD maior em relação à BRS Xique-xique, dados que corroboram com os resultados para as variáveis de produção (Tabela 2.5). Silva e Neves (2011 b) encontraram valores médios próximos aos obtidos neste trabalho, respectivamente, 20,0 e 19,7 cm para cultivo irrigado e em sequeiro. Bertini e colaboradores (2009) obtiveram valores entre 11,9 e 46,5cm, porém esta última média foi observada por Freire Filho e colaboradores (2011) para a subespécie *unguiculata*, cultigrupo *Sesquipedalis*, conhecida com “feijão-de-metro” e utilizada na produção de vagens.

Vagens grandes e com muitos grãos favorecem a colheita manual. No entanto, para as colheitas semimecanizadas e mecanizadas, vagens menores são desejáveis, pois, com menor número de grãos, e, conseqüentemente, mais leves, é reduzida a possibilidade de dobramento e quebra do pedúnculo; tal fato evita que as vagens encostem-se no solo, e, como resultado, ocorram perdas por apodrecimento de vagens e de grãos (SILVA e NEVES, 2011 a). De acordo com essa informação, pode-se dizer que, pelos resultados obtidos neste experimento, a cultivar BRS Guariba está apta para a colheita mecanizada, enquanto a BRS xique-xique, para a manual, pois obteve menor CVag.

O NVP diferiu-se entre as cultivares, com valores entre 7,2, para a BRS Xique-xique, e 10, para a BRS Guariba. Esses resultados convergem com os encontrados por Oliveira e colaboradores (2015), os quais obtiveram maior NVP para a cultivar BRS Manteiguinha (13) e menor para a BRS Branco de Praia (2,9). Essa oscilação em relação ao NVP pode ser devida às diferenças de cultivares analisadas nos experimentos.

Valores inferiores para NVP também foram apresentados por Santos e colaboradores (2014), que encontraram média de 3,1. Esse baixo valor pode ser devido à colheita, uma vez que tais autores realizaram-na aos 50 DAE,

enquanto, neste trabalho, a colheita foi realizada aos 75 DAE, com as vagens e os grãos secos.

Em relação ao NGV, a BRS Guariba foi superior à BRS Xique-xique, com valores correspondentes a 11,79 e 10,75. Essa diferença está relacionada com maiores CVag e NVP para a BRS Guariba em relação à BRS Xique-xique, corroborando com os resultados obtidos em relação às correlações com as variáveis de produção (Tabela 2.3). Resultados superiores foram apresentados por Javaid (2009), que, ao estudarem crescimento, nodulação e produção de *Vigna mungo* ((L.) Hepper), influenciados pela utilização de EM e *Bradyrhizobium japonicum* em solos sem adubação, encontraram valor médio de 17,6 para NGV. Essa variação em relação ao NGV, provavelmente, está associada à diferente cultura e bactéria utilizada. Silva e Neves (2011 b) também obtiveram resultados superiores aos obtidos neste trabalho para NGP, com média de 14,26. Essa alteração pode ser explicada pela diferença na condução do experimento e nas cultivares utilizadas.

A cultivar BRS Guariba apresentou maior IG em relação à BRS Xique-xique, com valores correspondentes a 77,89 e 70,68. Esses resultados eram esperados, pois a cultivar BRS Guariba obteve maior CVag, NVP e NGV e, conseqüentemente, maior IG. Essa variável é determinada pela relação entre massa de grão e massa da vagem, que é de grande importância nas cultivares destinadas à produção de grãos, porquanto mede a eficácia da cultivar na alocação de fotoassimilados para os grãos (ALVES e colaboradores, 2009).

Tais resultados são superiores aos obtidos por Santos e colaboradores (2012) e próximos aos obtidos por Silva e Neves (2011 b), que analisaram diferentes genótipos de feijão caupi em Aquidauana-MS e Teresina-PI, respectivamente. Essa variação do IG, em relação aos valores obtidos por esses autores, pode estar relacionada à massa de grãos e massa de vagem.

A PROD obtida neste trabalho foi significativa para a BRS Guariba e a BRS Xique-xique, com resultados de 268,75 a 294,75, respectivamente; no entanto, é inferior à produtividade na Bahia (1087 kg ha⁻¹ safra 2015/2016) (CONAB, 2016). O resultado inferior obtido neste trabalho, provavelmente, ocorreu em virtude da quantidade de água, da fertilidade do solo e das cultivares utilizadas.

Ocorreu interação entre cultivares e tratamentos, para as variáveis CVag e IG (Tabela 2.7).

Tabela 2.7 – Variáveis de produção de grãos em cultivares de feijão-caupi submetidas aos diferentes tratamentos. Vitória da Conquista-BA, 2016.

Comprimento de vagem (cm)					
	TA	TR	FBN	EM	FBN/EM
BRS GR	21,29 aB	22,22 aA	24,31 aA	22,46 aA	21,87 aA
BRS XX	18,33 bAB	20,16 aA	16,13 bB	20,52 aA	18,50 bAB
DMS para colunas = 2,58			DMS para linhas = 3,67		
Índice de grãos (%)					
	TA	TR	FBN	EM	FBN/EM
BRS GR	76,04 aA	80,18 aA	78,58 aA	76,33 aA	78,34 aA
BRS XX	79,07 aAB	54,61bC	59,78 bBC	79,17 aAB	80,76 aA
DMS para colunas = 14,52			DMS para linhas = 20,69		

TA – Testemunha absoluta (sem adubação e sem inoculação), TR – Testemunha relativa (Ureia), FBN – Fixação biológica do nitrogênio, EM – Micro-organismos eficazes, DMS – Diferença mínima significativa, BRS GR – BRS Guariba, BRS XX – BRS Xique-xique. As médias seguidas pela mesma letra minúscula (coluna) e letra maiúscula (linha) não se diferem estatisticamente entre si, pelo teste Tukey ao nível de 5 % de probabilidade.

Em relação ao CVag, houve diferença entre as cultivares para os tratamentos TA, sementes inoculadas com FBN e FBN/EM. A BRS Guariba apresentou maior CVag em relação à BRS Xique-xique, com valores de 21,29 e 18,33 para TA; 24,31 e 16,13 para inoculação com FBN e 21,87 e 18,50 para inoculação com FBN/EM. Esses resultados implicam o melhor desempenho da BRS Guariba, pois, para os tratamentos mencionados, essa cultivar obteve maior

CVag, evidenciando maior NVP, NGV, IG e PROD, o que corrobora com os resultados obtidos para variáveis de produção em relação à BRS Xique-xique (Tabela 2.6).

Avaliando as cultivares separadamente em relação aos diferentes tratamentos, apenas a TA diferiu-se dos demais tratamentos para a cultivar BRS Guariba, evidenciando a importância da fonte nitrogenada para a cultura. Ressalta-se o tratamento com sementes inoculadas com FNB, visto que, apesar de não se diferir em relação aos tratamentos TR, EM e FBN/EM, obteve maior CVag, implicando uma melhor produtividade (Tabela 2.6), com menor custo. Para a cultivar BRS Xique-xique, o tratamento que obteve maior CVag foi o inoculado com EM (20,52). Este não se diferiu entre TR (20,16), FBN/EM (18,50) e TA (18,33), mas apenas para o tratamento com sementes inoculadas com FBN (16,13), que apresentou menor CVag. Implica-se que essa cultivar poderá ser inoculada com EM, em substituição à adubação nitrogenada, o que reduz os custos de produção e gera a mesma produtividade quando comparada à TR (Tabela 2.7)

Guedes e colaboradores (2010), analisando a eficiência agrônômica de inoculantes em feijão-caupi cultivar BRS Novaera, no município de Pombal – PB, obtiveram média de 15 cm para CVag, inferior ao obtido neste trabalho, provavelmente devido à diferença do tipo de solo, sendo os desses autores classificados como Neossolo Flúvico.

Em relação ao IG, houve diferença entre as cultivares somente para TR e sementes inoculadas com FBN, sendo que a cultivar BRS Guariba (80,18 e 78,58) obteve maior IG em relação à cultivar BRS Xique-xique (54,61 e 59,78); dados que evidenciam melhor associação da estirpe utilizada com a cultivar BRS Guariba e melhor resposta em relação à adubação nitrogenada; esse resultado é confirmado pela diferença entre as cultivares para IG (Tabela 2.7).

A cultivar BRS Guariba não apresentou diferença entre os tratamentos para IG, com valores entre 76,04 (TA) e 80,18 (TR). Para a BRS Xique-xique, o tratamento que apresentou maior IG foi com as sementes inoculadas com FBN/EM (80,76); esse não se diferiu das sementes inoculadas com EM (79,17) e TA (79,07), porém houve diferença entre FBN (59,78) e TR (54,61), evidenciando a importância da inoculação com EM e FBN/EM, que implica menor custo com adubação nitrogenada e maior produtividade (Tabela 2.7).

As variáveis CVag e IG, quando as sementes foram submetidas à inoculação com EM e associadas à FBN, obtiveram valores semelhantes ou até superiores às testemunhas, no entanto há a necessidade de se realizarem estudos sobre essa associação tanto em cultivo protegido quanto no campo.

3.4. Características avaliadas para variáveis referentes à nodulação

Para as variáveis referentes à nodulação, a cultivar BRS Xique-xique foi superior à cultivar BRS Guariba somente em MSR, não se diferenciando em relação às outras variáveis relacionadas à nodulação. Não ocorreu diferença entre os tratamentos para as variáveis analisadas (Tabela 2.8).

Tabela 2.8 – Variáveis referentes à nodulação em cultivares de feijão-caupi. Vitória da Conquista-BA, 2016.

	BRS Guariba	BRS Xique-xique	Média	DMS
MSPA (g) ^{ns}	10,62 a	10,98 a	10,80	1,75
NPA (g kg ⁻¹) ^{ns}	28,54 a	25,78 a	27,16	3,51
MSR (g)	1,82 b	2,76 a	2,29	0,47
NNOD ^{ns}	114,65 a	133,25 a	123,95	33,61
MSNOD (mg) ^{ns}	0,07 a	0,05 a	0,06	0,03
NAPA (mg) ^{ns}	304,68 a	286,20 a	295,44	64,27
ENOD (mg mg ⁻¹)	0,67 a	0,75 a	0,71	0,35

Tabela 2.8 (continuação) – Variáveis referentes à nodulação em cultivares de feijão-caupi. Vitória da Conquista-BA, 2016.

	TA	TR	FBN	EM	FBN/EM	Média	DMS
MSPA ^{ns}	9,95 a	11,78 a	10,32 a	10,45 a	11,46 a	10,80	3,93
NPA ^{ns}	26,64 a	29,06 a	26,90 a	26,61 a	26,56 a	27,16	7,92
MSR ^{ns}	2,24 a	2,38 a	2,31 a	2,13 a	2,38 a	2,29	1,05
NNOD ^{ns}	139,25 a	112,75 a	131,12 a	114,25 a	122,38 a	123,95	75,71
MSNOD ^{ns}	0,08 a	0,04 a	0,06 a	0,05 a	0,05 a	0,06	0,07
NAPA ^{ns}	268,49 a	340,26 a	277,26 a	287,03 a	304,17 a	295,44	144,79
ENOD ^{ns}	0,60 a	1,12 a	0,50 a	0,75 a	0,58 a	0,71	0,79

DMS – Diferença mínima significativa, MSPA – Massa seca da parte aérea, NPA – Nitrogênio da parte aérea, MSR – Massa seca da raiz, NNOD- Número de nódulos, MSNOD– Massa seca dos nódulos, NAPA – Nitrogênio acumulado parte aérea, ENOD – Eficiência nodular, TA – Testemunha absoluta, TR – Testemunha relativa, FBN – Fixação biológica de nitrogênio, EM – Micro-organismos eficazes. ^{ns}; *; **: Na linha, não houve diferença significativa; diferiram-se na linha pelo teste Tukey a 5 % e 1 % de probabilidade.

As variáveis MSPA, NPA, NNOD, MSNOD, NAPA e ENOD não se diferiram em relação às cultivares em estudo. Somente a variável MSR diferiu-se entre as cultivares. A MSR foi maior para a cultivar BRS Xique-xique (2,76) que para a BRS Guariba (1,82). Evidencia-se que a BRS Xique-xique consegue absorver nutrientes e água pelo sistema radicular em maior quantidade que a BRS Guariba.

Resultados inferiores foram obtidos por Javaid (2009), com valor médio de 0,53 g. Esse baixo valor pode ser em virtude do diferente sistema radicular da cultura utilizada. Contudo, Santos e colaboradores (2014) obtiveram resultados superiores, com valores entre 3,4 a 7,8, para a cultivar BRS Guariba, submetida a diferentes doses de nitrogênio e com o uso da estirpe 3262. Essa discrepância pode ser atribuída à diferença de locais durante a condução do experimento, dado que o trabalho desses autores foi realizado no município de Boa Vista-RR, e à estirpe utilizada, que foi a 3262, enquanto este trabalho utilizou a estirpe 3267.

A BRS Guariba obteve melhor desempenho em relação às variáveis analisadas. Para uma análise mais consistente, é necessário implantar esse

experimento em campo, a fim de estudar o comportamento dessas cultivares em relação à inoculação com FBN, EM e FBN/EM.

4 CONCLUSÕES

1. É fácil fazer seleção para as variáveis altura da planta, número de vagem por planta, número de grãos por vagem, índice de grãos, produtividade e massa seca de raiz pela variabilidade genética apresentada, além de estarem associadas à elevada herdabilidade e ganho genético.

2. A cultivar BRS Guariba é superior em relação à BRS Xique-xique, para as variáveis de crescimento e produção de grãos.

3. As inoculações com bactérias fixadoras de nitrogênio, microrganismos eficazes e associação entre elas podem ser utilizadas, pois, para a maioria das variáveis analisadas, promovem incremento em relação às testemunhas, o que pode possibilitar a redução do custo de produção em relação à adubação nitrogenada (ureia).

5 AGRADECIMENTOS

À FAPESB (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia), pela concessão de bolsa da primeira autora. À UESB e PPGAGRO (Programa de Pós-graduação em Agronomia), por permitir o ingresso na instituição e no programa de pós-graduação. Ao Cid Simões, Engenheiro Agrônomo da Ambiem, por ter cedido o EM.

6 REFERÊNCIAS

AJAYI, A.T.; ADEKOLA, M. O.; TAIWO, B. H.; AZUH, V. O. Character expression and differences in yield potential of ten genotypes of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp). **International Journal of Plant Research**, v. 4, n.3, p. 63-71, 2014.

ALVES, J. M. A.; ARAÚJO, N. P.; UCHÔA, S. C. P.; ALBUQUERQUE, J. A. A.; SILVA, A. J.; RODRIGUES, G. S.; SILVA, D. C. O. Avaliação agroeconômica da produção de cultivares de feijão-caupi em consórcio com cultivares de mandioca em Roraima. **Revista Agro@ambiente On-line**, Boa Vista -RR, v. 3, n. 1, p.15-30, 2009.

ANDRADE, F. N.; ROCHA, M. de M.; GOMES, R. L. G.; FREIRE FILHO, F. R.; RAMOS, S. R. R. Estimativas de parâmetros genéticos em genótipos de feijão-caupi avaliados para feijão fresco. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza-CE, v. 41, n. 2, p. 253-258, 2010.

BASTOS, V. J.; ALVES, J. M. A.; UCHÔA, S. C. P.; SILVA, P. M. C. DA.; TEIXEIRA JUNIOR, D. L. Avaliação da fixação biológica de nitrogênio em feijão-caupi submetido a diferentes manejos da vegetação natural na savana de Roraima. **Revista Agro@ambiente On-line**, Boa Vista- RR, v. 6, n. 2, p. 133-139, 2012.

BENVINDO R. N.; SILVA, J. A. L. da; FREIRE FILHO, F. R.; ALMEIDA, A. L. G. de; OLIVEIRA, J. T. S.; BEZERRA, A. A. de C. Avaliação de genótipos de feijão-caupi semiprostrado em cultivo de sequeiro e irrigado. **Comunicata Scientie**, Bom Jesus – PI, v.1, n. 1, p.23-28, 2010.

BERTINI, C. H. C. M.; TEÓFILO, E. M.; DIAS, F. T. C. Divergência genética entre acessos de feijão-caupi do banco de germoplasma da UFC. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza – CE, v. 40, n. 1, p. 99-105, 2009.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa** n° 13, de 24 de março de 2011. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 25 mar. 2011. Seção 1, p.3-7.

BREMNER, J. M. **Nitrogen total**. In: SPARKS, D. L. Methods of soil analysis: Part. 3. Madison: SSA Book Series, p. 1085-1121, 1996.

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**, Campinas-SP, v. 70, n. 1, p.206-215, 2011.

BUENO, L. C. S. **Melhoramento de Plantas**: princípios e fundamentos. Lavras: UFLA, 2001.

CLAESSEN, M. E. C. (Org.). Manual de métodos de análise de solo. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS, 1997. 212 p. (Embrapa-CNPS. **Documentos**, 1).

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento safra brasileira grão**, Brasília-DF, v.4, n.3, p. 1-156. Disponível em: <file:///d:/Downloads/Documents/16_12_22_12_08_27_boletim_graos_dezembr_o_2016_2.pdf>, Acesso em: 02 jan. 2017.

CORALES, R. G.; HIGA, T. **Rice production with effective microorganisms**: impact on rice and soil. In.: SANGKKARA, U. R. et al. (ed) Seventh International Conference on Kyusei Nature Farming. Christchurch Polytechnic, Christchurch, p.72-76, 2002.

CORREA, A. M.; BRAGA, D. C.; CECCON, G.; OLIVEIRA, L.V. A. de; LIMA, A. R. de. S.; TEODORO, P. E. Variabilidade genética e correlações entre caracteres de feijão-caupi. **Revista Agro@mbiente On-line**, Boa Vista – RR, v.9, n. 1, p. 42-47, 2015.

CORREA, A. M.; CECCON, G.; CORREA, C. M. A.; DELBEN, D. S.. Estimativas de parâmetros genéticos e correlações entre caracteres fenológicos e morfoagronômicos em feijão-caupi. **Revista Ceres**, Viçosa-MG, v. 59, n. 1, p. 88-94, 2012.

CRUZ, C. D. GENES: a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá – PR, v.35, n.3, p. 271-276, 2013.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 4. ed. Viçosa: UFV, 514 p, 2012.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Cultivo de feijão-caupi**. Meio Norte (Sistema de Produção, 2), 2003.

ESTADO DA BAHIA. **Tipologia Climática Koppen**. 1998. Disponível em: [tipologia_climatica_segundo_koppen_2014.pdf](#). Acesso em: 26 set. 2016.

FERREIRA, L. de V. M.; NÓBREGA, R. S. A.; NÓBREGA, J. C. A.; AGUIAR, F. L. de; MOREIRA, F. M. de S.; PACHECO, L.P. Biological nitrogen fixation in production of *Vigna unguiculata* (L.) Walp, family farming in Piauí, Brazil. **Journal of Agricultural Science**, v.5, n. 4, p.153-160, 2013.

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

FREIRE FILHO, F. R.; F. R., RIBEIRO, V. Q.; ROCHA, M. M.; DAMASCENO E SILVA, K. J.; NOGUEIRA, M. S. R.; RODRIGUES, E. V. **Feijão-caupi no Brasil: produção, melhoramento genético, avanços e desafios**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2011. 84 p. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/916831/feijao-caupi-no-brasil-producao-melhoramento-genetico-avancos-e-desafios>. Acesso em: 13 jan.2016.

GERRANO, A. S.; ADEBOLA, P. O.; RENSBURG, W. S. J.; LAURIE, S. M. Genetic variability in cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) genotypes. **South African Journal of Plant and Soil**, v. 32, n. 3, p. 165-174, 2015.

GUEDES, G. N.; SOUZA, A. dos S.; LIMA, A. S.; ALVES, L. de S. Eficiência agronômica de inoculantes em feijão-caupi no município de pombal – PB. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró – RN, v.5, n.4, p. 82 – 89, 2010.

GUIMARÃES, S. L.; CARDINAL, M. S.; SILVA, E. M. B.; POLIZEL, A. C. Development of cv. BRS Novaera cowpea inoculated with rhizobium recommended for pigeonpea. **Científica**, Jaboticabal-SP, v.43, n.2, p.149–155, 2015.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Consulta Dados da Estação Automática: Vitória da Conquista (BA)**. Disponível em: http://www.inmet.gov.br/sonabra/pg_dspDadosCodigo_sim.php?QTQxNA. Acesso em: 26 jan. 2017.

JAVOID, A.; MAHMOOD, N. Growth, nodulation and yield response of soybean to biofertilizers and organic manures. **Pakistan Journal of Botany**, v.42, n.2, p. 863-871, 2010.

JAVAID, A. Growth, nodulation and yield of black gram (*Vigna mungo* (L.) Hepper) as influenced by biofertilizers and soil amendments. **African Journal of Biotechnology**, v. 8, n. 21, p. 5711-5717, 2009.

JAVAID, A. Foliar application of effective microorganisms on pea as an alternative fertilizer. **Agronomy Sustainable Development**, v.26, n.4, p. 257-262, 2006.

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

MACHADO, C. D. F.; TEIXEIRA, N. J. P.; ROCHA, M. D. M.; GOMES, R. L. F. Identificação de genótipos de feijão-caupi quanto à precocidade, arquitetura da planta e produtividade de grãos. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza-CE, v. 39, n. 1, p. 114-123, 2008.

MANGGOEL, W.; UGURU, M. I.; NDAM, O. N.; DASBAK, M. A. Genetic variability, correlation and path coefficient analysis of some yield components of ten cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) accessions. **Journal of Plant Breeding and Crop Science**, v.4, n. 5, p. 80-86, 2012.

MELO, S. R. de; ZILLI, J. É. Fixação biológica de nitrogênio em cultivares de feijão-caupi recomendadas para o Estado de Roraima. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília- DF, v. 44, n. 9, p. 1177-1183, 2009.

OLIVEIRA, E. D. E.; MATTAR, E. P. L.; ARAÚJO, M. L. de; JESUS, J. C. S. de; NAGY, A. C. G.; SANTOS, V. B. dos. Descrição de cultivares locais de feijão-caupi coletados na microrregião Cruzeiro do Sul, Acre, Brasil. **Acta Amazônica**, Manaus-AM, v. 45, n.3, p. 243-254, 2015.

PASSOS, A. R.; SILVA, S. A.; PEIXOTO, C. P.; ROCHA, M. A. C.; CRUZ, E. M. O. Ganho por seleção direta e indireta em caupi considerando a interação G x E. **Revista da FZVA**, v. 18, n. 1, 2011.

RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B.; PINTO, C. A. B. P. **Genética na agropecuária**. 4, ed. Lavras: UFLA, 2008. 461 p.

RAMALHO, M. A. P.; FERREIRA, D. F.; OLIVEIRA, A. C.. **Experimentação em genética e melhoramento de plantas**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005. 300 p.

REGIS, J. A. V. B.; MOLINAS, V. da S.; SANTOS, A. dos; CORREA, A. M.; CECCON, G. Estimativas de parâmetros genéticos em genótipos de feijão-caupi

de porte ereto e semiereto. **Revista Agrarian**, Dourados – MS, v.7, n. 23, p. 11-19, 2014.

SANTOS, J. A. S.; TEODORO, P. E.; CORRÊA, A. M.; SOARES, C. M. G.; RIBEIRO, L. P.; ABREU, H. K. A. Desempenho agrônômico e divergência genética entre genótipos de feijão-caupi cultivados no ecótono Cerrado/Pantanal. **Bragantia**, Campinas – SP, v. 73, n. 4, p. 1-6, 2014.

SANTOS, A.; CECCON, G.; CORREA, A. M.; DURANTE, L. G. Y.; REGIS, J. A. V. B. Análise genética e de desempenho de genótipos de feijão-caupi cultivados na transição do cerrado-pantanal. **Cultivando o Saber**, Cascavel-PR, v.5, n.4, p. 87-102, 2012.

SANTOS, C. A. F.; BARROS, G. A. A.; SANTOS, I. C. C. N.; FERRAZ, M. G. S. 2008. Comportamento agrônômico e qualidade culinária de feijão-caupi no Vale do São Francisco. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 3, p. 404-408, 2008.

SERAN, T. H.; SHAHARDEEN R. N. M. Marketable pod yield of vegetable cowpea (*Vigna unguiculata*) as influenced by organic manures fermented with EM solution. **The Open Horticulture Journal**, v. 6, p. 19-23, 2013.

SILVA, A. C.; MORAIS, O. M.; SANTOS, J. L.; D'AREDE, L. O.; SILVA, C. J.; ROCHA, M. M. Estimativa de parâmetros genéticos em *Vigna unguiculata*. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 37, n.4, p 399-407, 2014.

SILVA JÚNIOR, E. B. da; SILVA, K. da; OLIVEIRA, S. S.; OLIVEIRA, P. J. de; BODDEY, R. M.; ZILLI, J. E.; XAVIER, G. R.. Nodulação e produção de feijão-caupi em resposta à inoculação com diferentes densidades rizobianas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.49, n.10, p.804-812, 2014.

SILVA, A. L. J.; NEVES, J. Produção de feijão-caupi semiprostrado em cultivos de sequeiro e irrigado. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife-PE, v.6, n.1, p. 29-36, 2011 a.

SILVA, J. A. L. da; NEVES, J. A. Componentes de produção e suas correlações em genótipos de feijão-caupi em cultivo de sequeiro e irrigado. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza- CE, v. 42, n. 3, p. 702-713, 2011b.

SIMÕES, C.. **Ambiem. Informação pessoal**. 2016

ZILLI, J. É.; MARSON, L. C.; MARSON, B. F.; RUMJANEK, N. G.; XAVIER, G. R. Contribuição de estirpes de rizóbio para o desenvolvimento e produtividade de grãos de feijão-caupi em Roraima. **Acta Amazonica**, Manaus-AM, v.39, n. 4, p.749-758, 2009.

CAPÍTULO III

PARÂMETROS GENÉTICOS EM FEIJÃO-CAUPI INOCULADAS COM MICROORGANISMOS EFICAZES E BACTÉRIAS FIXADORAS DE NITROGÊNIO EM CAMPO

Resumo

O feijão-caupi é uma leguminosa destinada à produção de grão seco e verde para o consumo humano. O objetivo do trabalho foi estimar parâmetros genéticos para a cultivar de feijão-caupi BRS Guariba inoculadas com bactérias fixadoras de nitrogênio e microrganismos eficazes a campo. Os tratamentos consistiram da inoculação com FBN, EM, FBN/EM, adubação com ureia e sem adubação nem inoculação, com delineamento experimental em blocos casualizados, com 5 repetições e 5 tratamentos, totalizando 25 parcelas. O número de ramos laterais (NRL), número de folhas (NF) e índice de grãos (IG) foram as variáveis que se diferiram entre as diferentes fontes de nutrientes, sendo realizadas estimativas de parâmetros genéticos, por apresentarem ampla variabilidade genética entre os diferentes tratamentos. As estimativas dos coeficientes de variação fenotípica (CV_P) e genotípica (CV_G) foi média para NRL e baixa para NF e IG. Para as variáveis NRL e NF, tanto herdabilidade (h^2) quanto ganho genético (GA) foram elevados, recomendando-se a seleção massal. As estimativas das correlações fenotípicas (r_P), genotípicas (r_G) e ambientais (r_E) para as variáveis analisadas foram altas e, na maioria, não significativas. Para as variáveis de crescimento e produção de grãos, as sementes de feijão-caupi quando inoculadas com EM e FBN/EM promoveram incremento em relação aos demais tratamentos. A inoculação com FBN, EM e FBN/EM reduzem o custo de produção em relação à adubação nitrogenada.

Palavras-chave: FBN/EM, nodulação, produção de grãos, variáveis de crescimento, *Vigna unguiculata*

Genetic parameters in cowpea inoculated with effective microorganisms and nitrogen fixing bacteria in field

Abstract

Cowpea is a legume for the production of dry and green grains for human consumption. The aim of this work was to estimate genetic parameters for BRS Guariba cowpea cultivar inoculated with nitrogen fixing bacteria and effective microorganisms in field. The treatments consisted of inoculation with FBN, EM, FBN/EM, fertilization with urea and without fertilization neither inoculation, with a randomized complete block design, with 5 replicates and 5 treatments, totaling 25 plots. The number of lateral branches (NLB), number of leaves (NL) and grain index (GI) were the variables which differed between the different nutrient sources, being estimated the genetic parameters, because they present wide genetic diversity among the different nutrient sources. Estimates of phenotypic (CV_P) and genotypic (CV_G) coefficients were mean for NLB and low for NL and GI. For the variables NLB and NL, both heritability (h^2) and genetic gain (GA) were high, recommending mass selection at an early stage. Estimates of correlations phenotypic (r_P), genotypic (r_G) and environmental (r_E) for the analyzed variables were high and, in the majority, not significant. For the growth and grain production variables, the seeds of cowpea when inoculated with EM and FBN/EM increased in relation to the other treatments. The inoculation with FBN, EM and FBN/EM reduces the cost of production in relation to nitrogen fertilization.

Keywords: FBN/EM, nodulation, grain yield, growth variables, *Vigna unguiculata*

1 INTRODUÇÃO

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) é uma leguminosa destinada à produção de grão seco e verde para o consumo humano, pois contém proteínas, carboidratos, fibras, vitaminas e minerais para as populações da região semiárida do Nordeste do Brasil (SANTOS e colaboradores, 2008).

A produtividade no Brasil na safra de 2015/2016 foi de 1087 kg ha⁻¹, enquanto, no Nordeste e no estado da Bahia, foram respectivamente, 347 kg ha⁻¹ e 355kg ha⁻¹ (CONAB, 2016). No município de Vitória da Conquista, a produtividade foi de 67 kg ha⁻¹ referente à safra de 2012 (AURAS e AMÂNCIO, 2015). A baixa produtividade tanto no estado quanto no município é devida ao uso de cultivares inadequadas, à baixa fertilidade do solo, ausência de controle fitossanitário, irregularidade das condições climáticas, como também ausência de adubação (SABOYA e colaboradores, 2013), principalmente os nitrogenados, em virtude dos elevados custos para a produção.

Para o uso de cultivares mais adaptadas, tem-se utilizado a BRS Guariba em diversas regiões (SILVA JÚNIOR e colaboradores, 2014; COSTA e colaboradores, 2014), também em vários estados do Nordeste (FREIRE FILHO et al., 2011), inclusive no município de Vitória da Conquista (SILVA e colaboradores, 2014), com resultados satisfatórios para a produtividade.

Uma tecnologia de baixo custo que vem sendo utilizada para aumentar a produtividade, reduzindo ou substituindo o uso de adubo nitrogenado é o emprego da fixação biológica de nitrogênio (FBN).

A FBN é eficiente em feijão-caupi, quando possui boa nodulação, dispensa outras fontes de nitrogênio (N), atinge elevados níveis de produtividade (RUMJANEK e colaboradores, 2005) e obtém valores entre 40 e 90 % do total de N acumulado pela cultura.

Estudos foram realizados para avaliar a eficiência agronômica de estipes de rizóbio para a FBN, com o objetivo de aumentar a produtividade do feijão-caupi e diminuir os custos de produção (COSTA e colaboradores, 2011; GUALTER e colaboradores, 2011).

Outro método é a utilização de microrganismos eficazes (EM), que aumentam a diversidade e atividade microbiana no solo e nas plantas, reduzindo espécies patogênicas e facilitando a síntese de nutrientes para o crescimento e produção vegetal (CORALES e HIGA, 2002). Estudos realizados com EM apresentaram resultados promissores, dentre eles, cita-se a aplicação com adubo orgânico em feijão-caupi (SERAN e SHAHARDEEN, 2013).

A inoculação com FBN e EM, integrada ao estudo das variáveis de interesse agronômico e estimativas de parâmetros genéticos, possibilita avaliar a variabilidade genética que ela apresenta e o que pode se esperar de ganho com seleção (CORREA e colaboradores, 2012). Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi estimar parâmetros genéticos para a cultivar de feijão-caupi BRS Guariba inoculados com bactérias fixadoras de nitrogênio e microrganismos eficazes a campo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no campo experimental da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), *campus* de Vitória da Conquista – BA, situado a 923 m de altitude, com as coordenadas geográficas 14° 51' 53" de latitude Sul e 40° 50' 13" de longitude Oeste. As avaliações foram realizadas no período de setembro a dezembro de 2016.

O solo utilizado na área estudada foi proveniente da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), *campus* de Vitória da Conquista, classificado como Latossolo Amarelo distrófico, coletado na profundidade de 0,0-0,20 m, cujas características químicas estão descritas na Tabela 3.1.

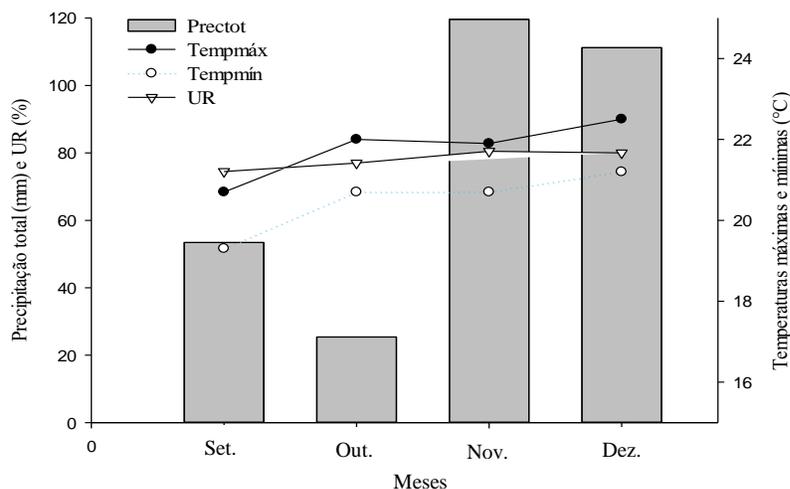
Tabela 3.1. Análise química do solo coletado na UESB, realizada antes da instalação do experimento, no município de Vitória da Conquista – BA. Vitória da Conquista, 2016.

Análise química do solo								
pH (H ₂ O)	mg dm ⁻³	cmol _c .dm ⁻³ de solo					(%)	
	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H ⁺	V	m
5,7	4	0,34	2,4	1,0	0,1	1,8	66	3

V- Saturação de base; m- Saturação de alumínio.

O clima regional é classificado como tropical de altitude (Cwb), de acordo com Köppen, e precipitação média anual de 422,6 mm (INMET, 2017).

Os dados climáticos de precipitação total (Prectot), temperaturas máxima (Tempmáx) e mínima (Tempmín) e umidade relativa (UR) mensal, observados durante a condução do experimento estão apresentados na Figura 3.1.



Fonte: INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), 2017.

Figura 3.1 - Médias mensais de precipitação total, temperatura máxima e temperatura mínima e umidade relativa no município de Vitória da Conquista – BA, no período de setembro a dezembro de 2016.

Durante o período de condução do experimento no campo, foi realizada irrigação complementar, conforme Tabela 3.2.

Tabela 3.2 – Período de aplicação da lâmina de água, duração de aplicação e quantidade de água aplicada na área experimental, em Vitória da Conquista-BA, 2016.

Período de aplicação (data)	Duração da aplicação (minutos)	Lâmina de água (mm)
30/09	120	20,8
03/10	60	10,4
19/10	60	10,4
24/10	60	10,4
27/10	60	10,4
03/11	60	10,4
Total		72,8

Os tratamentos consistiram da inoculação com FBN, EM, FBN/EM, testemunha relativa (adubação nitrogenada - ureia) e testemunha absoluta (sem adubação nitrogenada em sementes não inoculadas), com delineamento experimental em blocos casualizados, com 5 repetições e 5 tratamentos, totalizando 25 parcelas (Figura 3.2). A cultivar utilizada foi BRS Guariba, porte semiereto, oriundas do Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Meio Norte. A estirpe de rizóbio empregada foi BR 3267 (SEMIA 6462), obtida da Embrapa Agrobiologia. O EM foi doado pela Ambiem, localizada na cidade de Camaçari, Bahia.

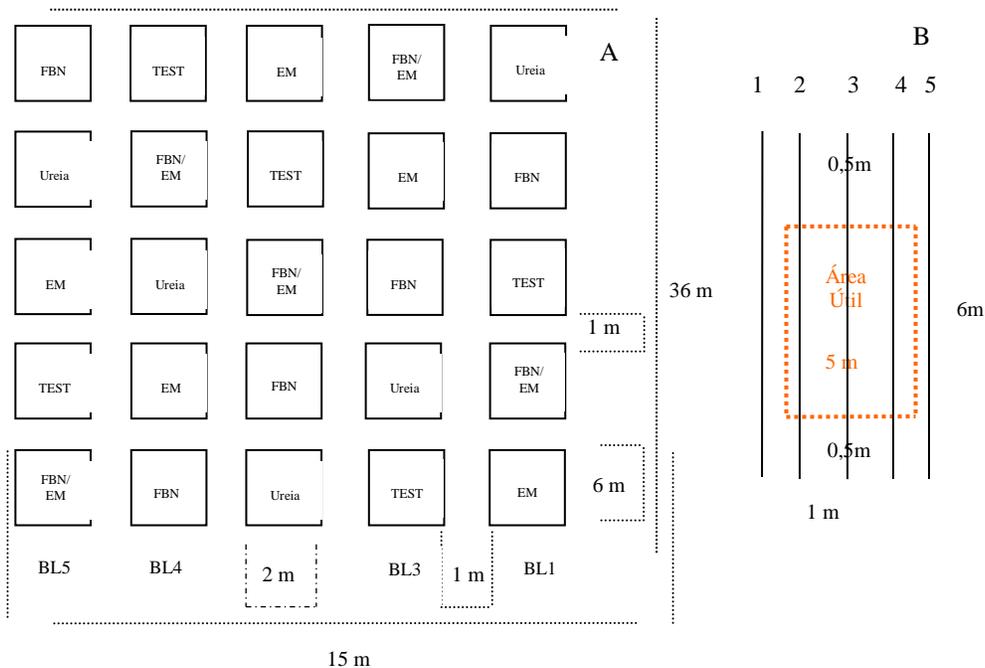


Figura 3.2 – Croqui da área (A) e da parcela (B) do experimento conduzido em campo, na área experimental da Uesb, período de setembro a dezembro de 2016. Vitória da Conquista-BA, 2016.

A parcela experimental correspondeu a 12 m², com cinco linhas de plantio de 6,0 m de comprimento, área útil constituída de três linhas centrais, com 1,0 m destinado às extremidades e duas fileiras nas laterais como bordadura (Figura 3.3).



Meira, A. L., 2016

Figura 3.3 – Plantio da cultivar BRS Guariba na área experimental da Uesb, período de setembro a dezembro de 2016. Vitória da Conquista-BA, 2016.

O preparo do solo foi realizado por meio mecanizado, com aração, gradagem, nivelamento e abertura de sulcos com 0,50 m de distância. Os cálculos de adubação foram feitos baseando-se nos resultados da análise de solo e nas recomendações de adubação para o uso de corretivos e fertilizantes da Embrapa Meio Norte (2003). A adubação de plantio foi realizada com 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅ na forma de superfosfato simples e 20 kg ha⁻¹ de K₂O na forma de cloreto de potássio para todas as parcelas. Para tratamentos com nitrogênio, realizaram-se duas adubações com 20 kg ha⁻¹ de N, na forma de ureia, uma no plantio e outra no início do florescimento, segundo recomendação da Embrapa Meio Norte (2003).

A semeadura foi realizada no dia 30 de setembro de 2016, com 18 sementes por metro linear. Logo após, os sulcos foram cobertos manualmente, com o auxílio de enxada, com uma camada entre 2 e 3 cm de solo (Figura 3.4 A

e B). Para tratamentos com FBN, EM, FBN/EM, realizou-se a inoculação das sementes 1 hora antes do plantio. A inoculação de FBN (Figura 3.4 C), autorizada para uso em inoculante líquido, com 10^9 células de rizóbio g^{-1} do inoculante para a cultura do feijão-caupi (BRASIL, 2011), teve suas colônias puras cultivadas em meio Manitol 79 % por 48 h a 30 °C, com pH 6,9 (específico para a bactéria), e a quantidade utilizada foi de 3,7 mL.

A quantidade de EM recomendada teve como base a cultura da soja, que utiliza 150 mL para 1 kg de sementes. No entanto, 1 kg de soja tem 7000 sementes, e de feijão-caupi possui 5000; assim, a quantidade de EM utilizada para 1 kg de feijão-caupi foi de 107 mL (SIMÕES, 2016), utilizando-se 25,7 mL para inocular as sementes (Figura 3.4 D e E).

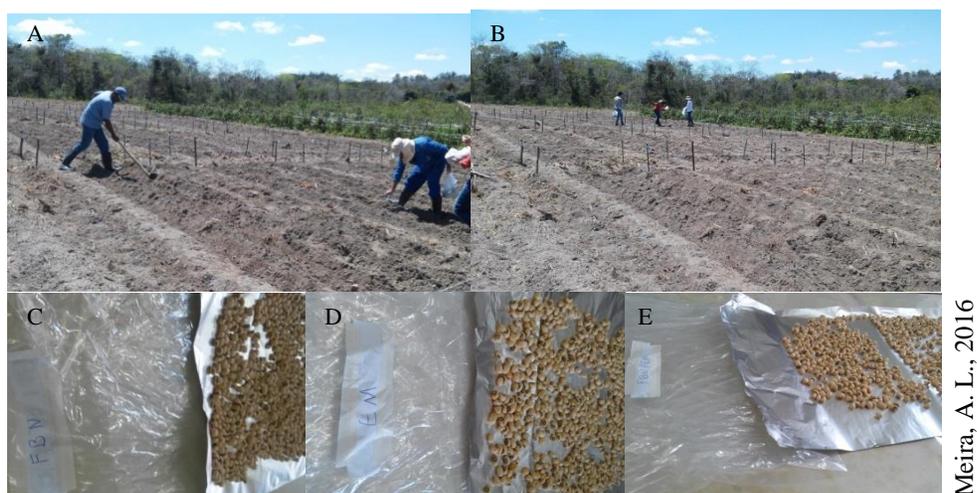


Figura 3.4 – Adubação, plantio (A e B), inoculação de sementes com FBN (C), EM (D) e FBN/EM (E). Vitória da Conquista-BA, 2016.

Primeiro, foram semeados os tratamentos com testemunha absoluta. Posteriormente, com ureia; e, por fim, os tratamentos com as sementes inoculadas, para reduzir a contaminação.

Os tratos culturais foram efetuados conforme a necessidade da cultura. Aos 15 e 38 dias após a semeadura, foi realizado o controle fitossanitário de

Diabrotica speciosa, com a aplicação de 150 mL ha⁻¹ de inseticida piretróide, produto com princípio ativo deltametrina; e, aos 20 e 40 dias após a semeadura, foi feito o controle de plantas daninhas, por meio de capina manual.

Na fase inicial da floração (35 DAE), foram retiradas três plantas da terceira linha de cada parcela para avaliar as variáveis referentes à nodulação. Avaliou-se número de nódulos (NNOD), a massa seca de nódulos (MSN), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca da raiz (MSR).

As plantas foram separadas da raiz e parte aérea por um corte no ponto de inserção cotiledonar. As raízes foram lavadas sobre peneira para evitar perda de nódulos, os quais foram destacados das raízes para determinação do número de nódulos (NNOD) e massa seca dos nódulos (MSN). Colocou-se a parte aérea fresca das plantas em estufa de circulação de ar a 60 -70 °C até se atingir a massa seca constante (\pm 72 h). Após secagem, o material foi pesado para determinar a massa seca da parte aérea (MSPA).

2.1. Características avaliadas para variáveis de crescimento

As características avaliadas para variáveis de crescimento foram:

2.1.1. Altura da planta (AP), em cm, mensurada entre o colo da planta e o ápice do ramo principal, com auxílio de fita métrica.

2.1.2. Número de nós do ramo principal (NNRP), número de nós desde o nó de inserção das folhas unifolioladas (cotiledonares) até o último nó do ramo principal.

2.1.3. Número de ramos laterais (NRL), número de ramos inseridos no ramo principal.

2.1.4. Número de folhas (NF), número de folhas trifolioladas.

2.1.5. Diâmetro do caule (DC), em mm, com auxílio do paquímetro digital.

Para avaliação dessas variáveis, utilizaram-se três plantas da terceira linha de cada parcela, as quais foram avaliadas entre o 22° e o 43° DAE, em intervalos de 7 dias, compreendendo parte da fase vegetativa e início da reprodutiva.

2.2. Características avaliadas para variáveis de produção de grãos

Na fase de maturação de vagem (75 DAE), retiraram-se três plantas da segunda e da quarta linha de cada parcela para avaliar as variáveis referentes à produção de grãos:

2.2.1. Comprimento de vagem (CVag), em cm, obtido por meio da média de cinco vagens tiradas ao acaso de cada parcela, com auxílio de régua graduada.

2.2.2. Número de vagens por planta (NVP).

2.2.3. Número de grãos por vagem (NGV), obtido pela média do número de grãos de cinco vagens tiradas ao acaso.

2.2.4. Massa de cem grãos (MCG), em g, calculada com base nas cinco vagens colhidas ao acaso a partir da seguinte fórmula: $MCG = \left(\frac{MG5V}{NG5V}\right) 100$, onde: MG5V é a massa dos grãos de cinco vagens, e NG5V é o número de grãos das 5 vagens.

2.2.5. Índice de grãos (IG), em porcentagem da massa dos grãos em relação à massa total da vagem, obtido pela fórmula: $IG(\%) = \left(\frac{MG5V}{M5V}\right) 100$, onde M5V é a massa das cinco vagens.

2.2.6. Produtividade (PROD), determinada a partir da pesagem da massa de grãos da área útil da parcela com umidade corrigida para 13%, através das

fórmulas: $PROD (kg ha^{-1}) = \left(\frac{6}{5}\right) MCG$ e

$PROD_{corrigida} = \left(\frac{(100-U_{atual})PROD}{(100-U_{13\%})}\right)$, onde 6 é o número de plantas por parcela; 5, área útil da parcela (m²); U_{atual}, umidade inicial encontrada no grão por ocasião da colheita (%), e U 13 %, umidade desejada a 13 %.

Os dados de crescimento, nodulação e produção de grãos foram submetidos ao teste Cochran e de Lilliefors, respectivamente, para verificação da homogeneidade das variâncias e da normalidade dos dados. Posteriormente, realizaram-se as análises de variâncias, com tratamentos submetidos ao teste de Tukey a 1 % e 5 % de probabilidade de erro, utilizando-se o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011).

Caso os dados não apresentassem distribuição normal, os dados relativos ao NF seriam transformados pela função $y = \log(x)$; NNOD e MSN transformados pela função $y = \sqrt{x}$, antes da análise de variância e da comparação de médias.

As estimativas de variâncias fenotípica (VP), genotípica (VG) e ambiental (VA), coeficientes de variação fenotípica (CV_P), genotípica (CV_G) e ambiental (CV_E), relação CV_G/CV_E (b), herdabilidade (h^2) e ganho genético (GA) foram efetuadas utilizando-se as seguintes expressões:

$$P = \frac{QMC}{n}; VG = \frac{QMC - QMR}{n}; VE = \frac{QMR}{n}; CV_P = \left[\left(\sqrt{\frac{VP}{me}} \right) 100 \right]; CV_G = \left[\left(\sqrt{\frac{VG}{me}} \right) 100 \right]; CV_E = \left[\left(\sqrt{\frac{VE}{me}} \right) 100 \right]; h^2 = \left(\frac{VG}{VP} \right) 100; GA = k d p h^2; GA (\% \text{ da média}) = \left(\frac{GA}{me} \right) 100, \text{ onde } k = 2,06 \text{ é a constante para intensidade de seleção de } 5 \%, QMC, QMR, n, dp \text{ e } m_e, \text{ são, respectivamente, quadrado médio da cultivar, quadrado médio do resíduo, número de repetições, desvio padrão e média dos fenótipos avaliados. Para as correlações, utilizou-se o programa Genes (CRUZ, 2013).}$$

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O NRL (número de ramos laterais), NF (número de folhas) e IG (Índice de grãos) foram as variáveis que se diferiram entre os diferentes tratamentos (Tabela 3.3).

Tabela 3.3 - Análise de variância para variáveis de crescimento, produção de grãos e referentes à nodulação em cultivar de feijão-caupi BRS Guariba, avaliadas para diferentes tratamentos. Vitória da Conquista-BA, 2016.

	FN	Bloco	Erro	CV (%)
Variáveis de crescimento				
AP (cm)	25,25 ^{ns}	65,49 ^{ns}	26,14	10,03
NNRP (und)	0,76 ^{ns}	0,54 ^{ns}	0,64	9,67
NRL (und)	1,89 ^{**}	0,99 [*]	0,28	10,59
DC (mm)	0,77 ^{ns}	0,61 ^{ns}	0,38	7,00
NF (und)	0,013 ^{**}	0,004 ^{ns}	0,003	5,76
Variáveis de produção de grãos				
CVag (cm)	2,07 ^{ns}	1,61 ^{ns}	4,22	11,22
NVP (und)	6,79 ^{ns}	18,20 ^{ns}	12,59	36,13
NGV (und)	3,13 ^{ns}	2,66 ^{ns}	5,55	25,58
IG (%)	35,06 [*]	5,87 ^{ns}	10,84	4,57
PROD (kg ha ⁻¹)	313565,25 ^{ns}	88173,85 ^{ns}	210859,86	44,72
MCG (g)	4,79 ^{ns}	10,52 ^{ns}	5,37	9,17
Variáveis referentes à nodulação				
MSPA (g)	7,30 ^{ns}	31,28 [*]	8,22	19,03
MSR (g)	0,23 ^{ns}	0,22 ^{ns}	0,10	15,39
NNOD (und)	2,24 ^{ns}	2,67 ^{ns}	1,20	17,44
MSNOD (mg)	8,92 ^{ns}	5,22 ^{ns}	3,66	37,12

FN – Fonte de Nutriente, CV(%) – Coeficiente de variação. AP – Altura da planta, NNRP – Número de nós do ramo principal, NRL – Número de ramos laterais, DC – Diâmetro do caule, NF – Número de folhas, CVag – Comprimento de vagem, NVP – Número de vagem por planta, NGV – Número de grãos por vagem, IG – Índice de grãos, PROD – Produtividade, MCG – Massa de cem grãos, MSPA – Massa da matéria seca parte aérea, MSR – Massa da matéria seca raiz, NNOD – Número de nódulos, MSNOD – Massa da matéria seca dos nódulos. ^{ns}; ^{*}; ^{**}: Na linha, não houve diferença significativa; diferiram-se na linha pelo teste Tukey a 5 % e 1 % de probabilidade.

As variáveis de crescimento, apenas NRL e NF, diferiram entre os tratamentos. Assim como para o IG, em relação às variáveis de produção. Implicando que a cultura necessita de fonte nitrogenada.

Esta diferença das variáveis entre os tratamentos para a cultivar BRS Guariba apresenta situação de interesse para o melhoramento genético, devido a ampla variabilidade genética; sendo determinadas o estudo de parâmetros genéticos (Tabela 3.4) .

Tabela 3.4 - Parâmetros genéticos para variáveis de crescimento e produção de grãos em cultivar de feijão-caupi BRS Guariba, avaliadas para diferentes tratamentos. Vitória da Conquista-BA, 2016.

	Variáveis de crescimento		Variáveis de produção de grãos
	NRL	NF	IG
VP	0,38	0,003	7,01
VG	0,32	0,002	4,84
VE	0,06	0,001	2,17
CV _P	12,30	5,73	3,68
CV _G	11,35	5,02	3,06
CV _E	4,73	2,75	2,04
<i>b</i>	2,40	1,82	1,49
h ² (%)	85,18	76,92	69,08
GA (%)	28,78	227,90	7,41

VP – Variância fenotípica, VG – Variância genotípica, VE – Variância ambiental, CV_P - Coeficiente de variação fenotípica, CV_G- Coeficiente de variação genotípica ,CV_E - Coeficiente de variação ambiental, *b* - relação CV_G/CV_E, h² - herdabilidade e GA % - Ganho genético. NRL – Número de ramos laterais, NF- Número de folhas, IG – Índice de grãos.

Entre as variáveis analisadas, VP foi mais elevada que VG, indicação de que houve influência ambiental sobre os diferentes tratamentos em estudo (Tabela 3.4). Para NRL, NF e IG, os valores correspondentes para as variâncias foram: 0,38 e 0,003; 7,01 e 0,32; 0,002 e 4,84. Para o VE, os valores foram 0,06; 0,001 e 2,17 para as variáveis mencionadas acima.

Resultados superiores de VP, VG, VE foram obtidos por Machado e colaboradores (2008) para NRL (0,84; 0,72; 0,12) ao analisarem diferentes genótipos de feijão-caupi quanto à precocidade, arquitetura da planta e produtividade de grãos. Santos e colaboradores (2012) também encontraram resultados superiores, para IG (21,18; 12,70; 8,47), ao estudarem análise

genética e de desempenho de genótipos de feijão-caupi cultivados na transição do cerrado-pantanal, da mesma forma que Ajayi e colaboradores (2014), para NF em relação à VP (114,99) e VG (100,98) ao avaliarem o potencial de rendimento de dez genótipos de feijão-caupi. Essa diferença pode estar associada ao uso de diferentes cultivares, ao local e à condução do experimento.

As estimativas dos CV_P e CV_G foram média para NRL e baixa para NF e IG, evidências de dificuldades na seleção para essas variáveis. Resultados superiores foram obtidos por Gerrano e colaboradores (2015) para NF (69,43 e 66,48), ao analisarem a variabilidade genética em 25 genótipos de feijão-caupi, e Por Santos e colaboradores (2012), para IG em relação à CV_G (5,62).

Os resultados superiores encontrados pelos autores mencionados acima, em relação à CV_P e CV_G , para as variáveis NRL, NF e IG, podem ser explicados pela diferença no número de genótipos utilizados; porque, nesse trabalho, utilizou-se apenas um genótipo.

Resultados próximos entre CV_P e CV_G , indicam um mínimo efeito ambiental, ou seja, os valores obtidos para estimativas de CV_P são atribuídos mais aos fatores genéticos do que ao ambiental, como pode ser observado para CV_E , que foram baixas para as variáveis analisadas, o que indica elevada precisão experimental.

Os valores de CV_E encontrados neste trabalho foram 4,73; 2,75 e 2,04 para as variáveis NRL, NF e IG, respectivamente. Resultados superiores foram obtidos por Benvindo e colaboradores (2010) para NRL, tanto em sequeiro quanto para irrigação, respectivamente, 19,17 e 17,31. Machado e colaboradores (2008) também obtiveram resultado superior para NRL (29,87), o que evidencia a interferência do ambiente em relação ao desenvolvimento da cultura para essas variáveis.

O valor de b obtido para as variáveis NRL, NF e IG foram, respectivamente, 2,40; 1,82 e 1,49. Esse parâmetro mostra maior influência de

CV_G em relação à CV_E . Os valores obtidos dessa relação foram superiores a 1, indício de que os efeitos genéticos destacam-se em relação aos ambientais, sendo essas variáveis passíveis de seleção.

Resultados inferiores foram obtidos por Benvindo e colaboradores (2010), que constataram 0,92 e 0,37 respectivamente, para NRL em sequeiro e irrigado, e por Santos e colaboradores (2012), que obtiveram 0,61 para IG. Como os resultados encontrados por esses autores foram inferiores a 1, implica-se que os efeitos ambientais destacaram-se em relação aos genéticos, sendo essas variáveis de difícil seleção.

Um dos parâmetros genéticos que mais colaboram para o trabalho do melhorista é a h^2 (herdabilidade), a qual foi elevada para as variáveis analisadas, com valores entre 69,08 (IG) e 85,18 (NRL). Resultados esperados, visto que o feijão-caupi é uma planta que realiza autopolinização. Esses resultados corroboram com os apresentados por Ajayi e colaboradores (2014), os quais, ao estudarem a expressão de uma variável e as diferenças no potencial de rendimento de dez cultivares de feijão-caupi, também obtiveram elevada h^2 para NF (87,82), assim como Silva e Neves (2011) para IG (67,2).

Outro parâmetro é o GA (ganho genético). Esse foi alto para NRL e NF e baixo IG. Resultados inferiores foram obtidos por Ajayi e colaboradores (2014) para NF (78,00).

O GA é importante para seleção de variáveis. É obtido através da alteração na frequência alélica e genotípica, com o objetivo de melhorar a resposta à seleção, ajustada diretamente pela h^2 da variável associada à pressão de seleção aplicada pelo melhorista (BUENO, 2001).

Para as variáveis NRL e NF, tanto h^2 quanto GA foram elevados, evidenciando que as variáveis são fortemente influenciadas pelo componente genético e fracamente pelo fator ambiental, motivo pelo qual se recomenda a seleção massal.

3.1. Estimativas de correlações fenotípicas, genotípicas e ambientais

O grau de correlação entre as variáveis é um fator importante no caráter econômico e complexo como a PROD, conforme Akinwale e colaboradores (2011). Para esses autores, as correlações são medidas pela intensidade de associação entre variáveis, cuja seleção resulta em avanço para todas as variáveis que apresentam correlação positiva e atraso para as variáveis que estão negativamente correlacionadas.

Quanto às estimativas das r_F , r_G e r_E para as variáveis analisadas, observou-se que os valores foram altos e, na maioria, não significativos. A AP, CVag, NVP, NGV, MCG e MSPA não apresentaram r_G significativa entre as variáveis em estudo (Tabela 3.5).

Tabela 3.5 - Estimativas das correlações fenotípicas (r_F), genotípicas (r_G) e ambiental (r_E) para variáveis de crescimento, produção de grãos e referentes à nodulação avaliadas em cultivar de feijão-caupi BRS Guariba para diferentes tratamentos. Vitória da Conquista-BA, 2016.

		NNRP	NRL	DC	NF	CVag	NVP	NGV	IG	PROD	MCG	MSPA	MSR	NNOD	MMSN
AP	r_F	0,12 ^{ns}	-0,42 ^{ns}	-0,03 ^{ns}	-0,09 ^{ns}	-0,53 ^{ns}	-0,93 ^{**}	-0,93 ^{**}	-0,92 ^{**}	-0,99 ^{**}	-0,91 ^{**}	0,64 ^{**}	-0,73 ^{**}	-0,60 ^{**}	0,24 ^{ns}
	r_G	-0,33 ^{ns}	-0,33 ^{ns}	-0,33 ^{ns}	-0,33 ^{ns}	-0,71 ^{ns}	-0,71 ^{ns}	-0,71 ^{ns}	-0,33 ^{ns}	-0,33 ^{ns}	-0,07 ^{ns}	-0,07 ^{ns}	-0,33 ^{ns}	-0,33 ^{ns}	-0,33 ^{ns}
	r_E	0,95 ^{**}	0,28 ^{ns}	0,64 ^{ns}	0,41 ^{ns}	-0,31 ^{ns}	-0,86 ^{**}	-0,23 ^{ns}	-0,85 ^{**}	-0,88 ^{**}	-0,88 ^{**}	0,75 ^{**}	-0,42 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,27 ^{ns}
NNRP	r_F		0,53 [*]	0,65 ^{**}	0,61 ^{**}	-0,16 ^{ns}	0,01 ^{ns}	-0,33 ^{ns}	-0,47 ^{ns}	-0,15 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,67 ^{**}	0,36 ^{ns}	0,35 ^{ns}	0,42 ^{ns}
	r_G		1,00 ^{**}	1,00 ^{**}	1,00 ^{**}	-0,33 ^{ns}	-0,33 ^{ns}	-0,33 ^{ns}	1,00 ^{**}	1,00 ^{**}	-0,33 ^{ns}	-0,33 ^{ns}	1,00 ^{**}	1,00 ^{**}	1,00 ^{**}
	r_E		0,24 ^{ns}	0,60 [*]	0,32 ^{ns}	-0,36 ^{ns}	-0,89 ^{**}	-0,26 ^{ns}	-0,86 ^{**}	-0,91 ^{**}	-0,86 ^{**}	0,69 ^{**}	-0,42 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,34 ^{ns}
NRL	r_F			0,89 ^{**}	0,90 ^{**}	-0,20 ^{ns}	0,70 ^{**}	0,11 ^{ns}	0,27 ^{ns}	0,50 ^{ns}	-0,20 ^{ns}	0,35 ^{ns}	0,24 ^{ns}	0,95 ^{**}	0,92 ^{**}
	r_G			1,00 ^{**}	1,00 ^{**}	-0,33 ^{ns}	-0,33 ^{ns}	-0,33 ^{ns}	1,00 ^{**}	1,00 ^{**}	-0,33 ^{ns}	-0,33 ^{ns}	1,00 ^{**}	1,00 ^{**}	1,00 ^{**}
	r_E			0,39 ^{ns}	0,55 [*]	-0,65 ^{**}	0,15 ^{ns}	-0,65 ^{**}	-0,52 ^{**}	-0,33 ^{ns}	-0,51 ^{ns}	0,67 ^{**}	0,39 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,31 ^{ns}
DC	r_F				1,00 ^{**}	-0,58 [*]	0,37 ^{ns}	-0,32 ^{ns}	-0,11 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,72 ^{**}	0,48 ^{ns}	0,80 ^{**}	0,95 ^{**}
	r_G				1,00 ^{**}	-0,33 ^{ns}	-0,33 ^{ns}	-0,33 ^{ns}	1,00 ^{**}	1,00 ^{**}	-0,33 ^{ns}	-0,33 ^{ns}	1,00 ^{**}	1,00 ^{**}	1,00 ^{**}
	r_E				0,81 ^{**}	-0,65 ^{**}	-0,37 ^{ns}	-0,56 [*]	-0,57 [*]	-0,64 [*]	-0,36 ^{ns}	0,81 ^{**}	0,07 ^{ns}	-0,62 [*]	-0,32 ^{ns}
NF	r_F					-0,58 [*]	0,42 ^{ns}	-0,27 ^{ns}	-0,04 ^{ns}	0,17 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,68 ^{**}	0,43 ^{ns}	0,84 ^{**}	0,97 ^{**}
	r_G					-0,33 ^{ns}	-0,33 ^{ns}	-0,33 ^{ns}	1,00 ^{**}	1,00 ^{**}	-0,33 ^{ns}	-0,33 ^{ns}	1,00 ^{**}	1,00 ^{**}	1,00 ^{**}
	r_E					-0,46 ^{ns}	-0,01 ^{ns}	-0,41 ^{ns}	-0,31 ^{ns}	-0,25 ^{ns}	-0,21 ^{ns}	0,79 ^{**}	0,01 ^{ns}	-0,60 [*]	-0,32 ^{ns}
CVag	r_F						0,26 ^{ns}	0,77 ^{**}	0,45 ^{ns}	0,47 ^{ns}	-0,39 ^{ns}	-0,78 ^{**}	-0,52 [*]	-0,18 ^{ns}	-0,54 [*]
	r_G						-0,07 ^{ns}	-0,07 ^{ns}	-0,33 ^{ns}	-0,33 ^{ns}	-0,07 ^{ns}	-0,07 ^{ns}	-0,33 ^{ns}	-0,33 ^{ns}	-0,33 ^{ns}
	r_E						0,01 ^{ns}	0,98 ^{**}	0,58 [*]	0,61 [*]	0,33 ^{ns}	-0,66 ^{**}	-0,60 [*]	0,31 ^{ns}	0,07 ^{ns}

Tabela 3.5 (continuação) - Estimativas das correlações fenotípicas (r_F), genotípicas (r_G) e ambiental (r_E) para variáveis de crescimento, produção de grãos e referentes à nodulação avaliadas em cultivar de feijão-caupi BRS Guariba para diferentes tratamentos. Vitória da Conquista-BA, 2016.

		NNRP	NRL	DC	NF	CVag	NVP	NGV	IG	PROD	MCG	MSPA	MSR	NNOD	MMSN
NVP	r_F							0,74**	0,86**	0,96**	-0,76**	-0,37 ^{ns}	-0,47 ^{ns}	0,84**	0,57*
	r_G							-0,07 ^{ns}	-0,33 ^{ns}	-0,33 ^{ns}	-0,07 ^{ns}	-0,07 ^{ns}	-0,33 ^{ns}	-0,33 ^{ns}	-0,33 ^{ns}
	r_E							-0,10 ^{ns}	0,65**	0,78**	0,71**	-0,36 ^{ns}	0,60*	-0,19 ^{ns}	-0,36 ^{ns}
NGV	r_F							0,90**	0,89**	-0,82**	-0,87**	-0,80**	0,28 ^{ns}	-0,12 ^{ns}	
	r_G							-0,33 ^{ns}	-0,33 ^{ns}	-0,07 ^{ns}	-0,07 ^{ns}	-0,33 ^{ns}	-0,33 ^{ns}	-0,33 ^{ns}	
	r_E							0,55*	0,54*	0,28 ^{ns}	-0,59*	-0,68**	0,31 ^{ns}	0,11 ^{ns}	
IG	r_F								0,94**	-0,79**	-0,75**	-0,70**	0,50 ^{ns}	0,17 ^{ns}	
	r_G								1,00**	-0,33 ^{ns}	-0,33 ^{ns}	1,00**	1,00**	1,00**	
	r_E								0,93**	0,90**	-0,71**	0,02 ^{ns}	-0,07 ^{ns}	-0,35 ^{ns}	
PROD	r_F									-0,83**	-0,60*	-0,63*	0,68**	0,33 ^{ns}	
	r_G									-0,33 ^{ns}	-0,33 ^{ns}	1,00**	1,00**	1,00**	
	r_E									0,83**	-0,67*	0,07 ^{ns}	-0,02 ^{ns}	-0,29 ^{ns}	
MCG	r_F										0,59*	0,90**	-0,44 ^{ns}	-0,11 ^{ns}	
	r_G										-0,07 ^{ns}	-0,33 ^{ns}	-0,33 ^{ns}	-0,33 ^{ns}	
	r_E										-0,66 ^c	0,28 ^{ns}	-0,37 ^{ns}	-0,61*	
MSPA	r_F											0,78**	0,17 ^{ns}	0,52*	
	r_G											-0,33 ^{ns}	-0,33 ^{ns}	-0,33 ^{ns}	
	r_E											-0,56 ^{ns}	-0,32 ^{ns}	-0,33 ^{ns}	
MSR	r_F												-0,02 ^{ns}	0,30 ^{ns}	
	r_G												1,00**	1,00**	
	r_E												-0,17 ^{ns}	-0,21 ^{ns}	

Tabela 3.5 (continuação) - Estimativas das correlações fenotípicas (r_P), genotípicas (r_G) e ambiental (r_E) para variáveis de crescimento, produção de grãos e referentes à nodulação avaliadas em cultivar de feijão-caupi BRS Guariba para diferentes tratamentos. Vitória da Conquista-BA, 2016.

		NNRP	NRL	DC	NF	CVag	NVP	NGV	IG	PROD	MCG	MSPA	MSR	NNOD	MMSN	
NNOD	r_F															0,91**
	r_G															1,00**
	r_E															0,91**

AP – Altura da planta, NNRP – Número de nós do ramo principal, NRL – Número de ramos laterais, DC – Diâmetro do caule, FI – Florescimento inicial, CVag – Comprimento de vagem, NVP – Número de vagem por planta, NGV – Número de grãos por vagem, IG – Índice de grãos, PROD – Produtividade, MCG – Massa de cem grãos, MSPA – Massa da matéria seca parte aérea, MSR – Massa da matéria seca raiz, NNOD- Número de nódulos, MSN – Massa seca dos nódulos. ^{ns}; *, **: Na linha, não houve diferença significativa; diferiram-se na linha pelo teste Tukey a 5 % e 1 % de probabilidade.

As estimativas de r_P mostraram que AP foi significativamente forte e negativa quando correlacionada com NVP (-0,93), NGV (- 0,93), IG (-0,92), PROD (-0,99), MCG (-0,90), MSR (-0,73), moderada negativa com CVag (-0,53), NNOD (-0,60) e moderada positiva com MSPA (0,64). Isso implica que as plantas com menor porte podem produzir grãos mais pesados e em maior quantidade, como também aumento do número de raízes e, conseqüentemente, maior nodulação. E, quanto maior a planta, maior será a quantidade de MSPA.

Para as estimativas de r_E , AP foi significativa forte e positiva quando correlacionada com NNRP (0,95), MSPA (0,75) e moderada com DC (0,64); negativa e forte quando correlacionada com NVP (-0,86), IG (-0,85), PROD (-0,88) e MCG (-0,88). Ajayi e colaboradores (2014), analisando correlações entre dez genótipos de feijão-caupi, também obtiveram r_E significativa negativa entre AP com NVP (-0,23), NGV (-0,45) e MCG (-0,56). Benvindo e colaboradores (2010) encontraram r_P , r_G e r_E significativas positivas entre as variáveis AP e NNRP.

Em relação ao NNRP, as r_{Ps} foram significativas moderadas e positivas quando correlacionadas com NRL (0,53), DC (0,65), NF (0,61) e MSPA (0,67). Para as r_{Gs} , foram significativamente perfeitas e positivas quando correlacionadas com NRL, DC, NF, IG, PROD, MSR, NNOD e MSN. Resultados esperados, pois, quanto maior o número de nós, a planta terá maior NRL e, conseqüentemente, mais folhas e biomassa da parte aérea. Para a r_E , apresentaram diferença significativa positiva e moderada quando correlacionadas com as variáveis DC (0,60), MSPA (0,69) e negativa forte com NVP (-0,89), IG (-0,86), PROD (-0,91), MCG (-0,86). Ajayi e colaboradores (2014) também obtiveram r_{Ps} e r_{Gs} positivas com NRL. Resultados diferentes foram relatados por Benvindo e colaboradores (2010), que mencionaram a ausência de significância entre os pares de variáveis NNRP com NRL e PROD.

As estimativas de r_{Gs} para NRL foram iguais às do NNRP. Em relação às r_{Ps} , foram significativas positivas e moderadas quando correlacionadas com NVP (0,70) e fortes com DC (0,89), NF (0,90), NNOD (0,95) e MSN (0,92); isso implica que a planta terá maior NF e maior NVP. A r_E foi significativa positiva e moderada quando correlacionada com NF (0,55) e MSPA (0,67), comprovando que o ambiente interfere de maneira direta em NRL, que obterão maior NF e MSPA, e negativa entre as variáveis CVag (-0,65), NGV (-0,65) e IG (-0,52), dado que o ambiente favorece maior NRL, o que, em consequência, reduz o tamanho, NGV e IG.

Para DC, as r_{Gs} foram positivas e perfeitas com NF, IG, PROD, MSR, NNOD e MSN. Em relação à r_E , foi positiva para NF, NNOD, MSN e MSPA, negativa para r_{Ps} e r_{Es} quando correlacionada à CVag (-0,58 e -0,65). Para r_E , têm-se resultados negativos com as variáveis NGV (-0,56), IG(-0,57), PROD (-0,64) e NNOD (-0,62), dos quais se infere que, com o aumento do diâmetro, menor serão os resultados para essas variáveis.

O NF obteve r_G perfeita e positiva com as variáveis IG, PROD, MSR, NNOD e MSN. Para r_P , foi positiva e forte para NNOD (0,84) e MSN (0,97), moderada para MSPA e negativa para CVag (-0,58). Em relação à r_E , foi significativa positiva e forte com a variável MSPA (0,79) e negativa moderada com a variável NNOD (-0,60).

Para CVag, as r_{Ps} foram significativas fortes e positivas quando correlacionadas com NGV (0,77) e negativas com MSPA (-0,78) e MSN (-0,54). Para r_E , foram significativas positivas e fortes com as variáveis NGV (0,98) e moderadas com IG (0,58) e PROD (0,61). Infere-se que o ambiente interfere positivamente para CVag correlacionada com NGV, IG e PROD; quanto maior o CVag, maiores serão o NGV, IG e, conseqüentemente, maior PROD, resultado também encontrado por Ajayi e colaboradores (2014) para r_P entre CVag e NGV.

Correa e colaboradores (2015) obtiveram r_P e r_E significativas positivas entre CVag e NGV.

No NVP, houve r_P significativa moderada com NGV (0,74) e MSN (0,57), forte com IG (0,86), PROD (0,96) e NNOD (0,84), negativa forte com MCG. A r_P significativa entre as variáveis de produção era esperada. Santos e colaboradores (2012) relataram r_{Ps} e r_{Gs} positivas e significativas entre as variáveis, NVP e IG indicando que seleção para o aumento do NVP tem como efeito indireto o aumento do IG. Os dados para as variáveis MSN e NNOD, em relação à r_P , podem ser explicados pelo maior NNOD, que fixam nitrogênio; este é assimilado para as vagens a fim de nutrir os grãos, resultado confirmado ao inocular sementes com FBN (Tabela 3.6).

O fator ambiental para NVP interferiu positivamente quando correlacionado com IG (0,65), PROD (0,78), MSR (0,60) e MCG (0,71). Resultados semelhantes foram obtidos por Silva e colaboradores (2012) para r_P entre NVP e MCG e r_E para PROD.

As altas r_{Ps} positivas foram encontradas entre os pares de NGV com IG (0,90), PROD (0,89) e negativas com MCG (-0,82), MSR (-0,80) e MSPA (-0,87). Infere-se que, quanto maior o número de grãos, maior será o índice de produtividade, contudo a seleção para aumento do NGV pode diminuir a MCG. Esse resultado está de acordo com os encontrados por Santos e colaboradores (2012) e se diverge do de Correa e colaboradores (2015), que encontraram r_{Ps} , r_{Gs} e r_{Es} positivas e significativas entre pares dessas variáveis. Para r_E , foi moderada positiva quando correlacionada com IG (0,55) e PROD (0,54), negativa com MSR (-0,68) e MSPA (-0,59).

O IG também apresentou r_{Ps} , r_{Gs} e r_{Es} positivas com a variável PROD, positiva perfeita para r_G com as variáveis PROD, MSR, NNOD e MSN, positiva forte com MCG, negativa para as r_{Ps} e r_{Es} em relação à MSPA e negativa para r_{Ps}

com MCG e MSR. Esses resultados vão ao encontro dos obtidos por Santos e colaboradores (2012) com PROD para r_p , mas se divergem quando com MCG.

A PROD também obteve r_G positiva e perfeita com as variáveis MSR, NNOD e MSN, positiva também para r_p com NNOD (0,68) e r_E com MCG (0,83), negativa para r_p entre MCG (-0,83), MSR (-0,67) e MSPA (-0,60) e para r_E entre MSPA (-0,67). Resultado diferente foi constatado por Correa e colaboradores (2015) para r_p e r_E com MCG.

A MCG também obteve r_p significativa positiva forte com MSR (0,90), moderada com MSPA (0,59) e negativa e moderada para r_E com MSN (-0,61) e MSPA (-0,66). A MSR também obteve r_p positiva com MSPA (0,78) e r_G perfeita com NNOD e MSN, resultado também obtido para r_{Ps} , r_{Gs} e r_{Es} entre as variáveis NNOD e MSN.

As estimativas de correlações negativas entre pares de variáveis indicam que a melhoria de uma variável trará danos ao outro; por essa razão, não se recomenda seleção baseada em um deles (CORREA e colaboradores, 2015). As r_{Ps} e r_{Gs} entre as variáveis de produtividade permitem inferir que seja feita a seleção das variáveis quando forem significativas positivas a fim de melhorar a produtividade (AJAYI e colaboradores, 2015). A r_E significativa sugere que duas variáveis sejam influenciadas pelas condições ambientais, sendo positiva quando o efeito dessas variações for favorável ou desfavorável aos dois caracteres simultaneamente (SANTOS e colaboradores, 2012).

3.2. Características avaliadas para variáveis de crescimento

O NRL e NF diferiram-se entre os tratamentos estudados, com valores de 4,13 a 5,60 e de 6,93 a 9,20, correspondentes às variáveis mencionadas (Tabela 3.6).

Tabela 3.6 – Variáveis de crescimento em cultivar de feijão-caupi BRS Guariba, submetidas a diferentes tratamentos. Vitória da Conquista-BA, 2016.

	TA	TR	FBN	EM	FBN/EM	Média	DMS
AP (cm) ^{ns}	51,84 a	52,13 a	51,54 a	52,46 a	47,02 a	51,00	9,92
NNRP ^{ns}	7,80 a	8,73 a	8,00 a	8,54 a	8,46 a	8,31	1,56
NRL ^{**}	4,13 b	4,67 ab	5,07 ab	5,60 a	5,53 a	5,00	1,03
DC (mm) ^{ns}	8,37 a	8,59 a	8,63 a	9,37 a	8,99 a	8,79	1,19
NF ^{**}	6,93 b	7,27 b	7,40 b	9,27 a	8,40 ab	7,85	1,84

TA – Testemunha absoluta, TR – Testemunha relativa, DMS – Diferença mínima significativa, AP – Altura da planta, NNRP – Número de nós do ramo principal, NRL – Número de ramos laterais, DC – Diâmetro do caule, NF – Número de folhas, ^{ns}; ^{**}: Na linha, não houve diferença significativa; diferiram-se na linha pelo teste Tukey a 1 % de probabilidade.

As sementes de feijão-caupi da cultivar BRS Guariba quando inoculadas com EM obtiveram melhor desempenho para NRL; não se diferiram das sementes inoculadas com FBN/EM, FNB e TR (testemunha relativa, adubadas com ureia); ocorreu incremento de 3,90 % em relação à TA (testemunha absoluta, sem adubação e sem inoculação).

O NF não se diferiu entre as sementes inoculadas com EM e FBN/EM; houve incremento de 33,77 e 27,51 %, respectivamente, em relação à TA e TR, em relação ao EM.

Ajayi e colaboradores (2014) encontraram para NRL valores entre 3,37 e 5,73, resultados próximos aos obtidos neste trabalho, contudo, em relação ao NF, os valores oscilaram entre 11,93 e 42,80, contrastantes aos obtidos neste trabalho, provavelmente, devido às diferenças de cultivares, como também à contagem de folhas, pois, neste trabalho, foi considerada como folha uma folha trifoliolada completamente expandida.

As variáveis AP, NNRP e DC não se diferiram entre os tratamentos. No entanto, foi possível observar incrementos de 1,20 %; 8,49 % e 11,95 % em relação às sementes inoculadas com EM e TA para essas variáveis. Ao se analisarem os tratamentos usando EM com adubação nitrogenada, constata-se que não ocorreu incremento apenas para NNRP, evidenciando um possível

incremento para as variáveis de produção e nodulação e, conseqüentemente, um menor custo de produção (Tabela 3.7 e 3.8).

3.3. Características avaliadas para variáveis de produção de grãos

Apenas o IG diferiu-se entre os tratamentos, sendo importante observar os incrementos entre as sementes inoculadas com as testemunhas (Tabela 3.7).

Tabela 3.7– Variáveis de produção de grãos em cultivar de feijão-caupi BRS Guariba, submetidas a diferentes tratamentos. Vitória da Conquista-BA, 2016.

	TA	TR	FBN	EM	FBN/EM	Média	DMS
CVag (cm) ^{ns}	17,62 a	18,79 a	18,82 a	17,57 a	18,70 a	18,30	3,98
NVP ^{ns}	9,00 a	8,67 a	9,80 a	9,97 a	11,67 a	9,82	6,87
NGV ^{ns}	8,96 a	9,04 a	9,48 a	8,20 a	10,36 a	9,21	4,57
IG (%) [*]	72,72 ab	68,47 b	73,14 ab	70,31 ab	75,30 a	71,99	6,39
PROD (kg ha ⁻¹) ^{ns}	890,09 a	812,70 a	1058,67 a	927,43 a	1445,65 a	1026,91	891,25
MCG (g) ^{ns}	24,55 a	25,24 a	26,50 a	25,94 a	24,11 a	25,27	4,50

TA – Testemunha absoluta, TR – Testemunha relativa, DMS – Diferença mínima significativa, CVag – Comprimento de vagem, NVP – Número de vagem por planta, NGV – Número de grãos por vagem, IG – Índice de grãos, PROD – Produtividade, MCG – Massa de cem grãos, ^{ns}, *: Na linha, não houve diferença significativa; diferiram-se na linha pelo teste Tukey a 5 % de probabilidade.

Ocorreu diferença entre os tratamentos apenas para IG, em que as sementes inoculadas com FBN/EM diferiram-se somente daquelas adubadas com ureia; houve incremento de 9,97 e 3,55 %, respectivamente, em relação à TR e TA. Essa variável é de grande importância para cultivares destinadas à produção de grãos, pois mede a eficácia da cultivar na alocação de fotoassimilados para os grãos (ALVES e colaboradores, 2009).

Para as variáveis NVP, NGV e PROD, foi possível perceber expansivo incremento quando as sementes foram inoculadas com FBN/EM em relação às testemunhas. O incremento de FBN/EM em relação às testemunhas para NVP e

NGV foram, respectivamente, 29,67 % e 34,60 %, 15,62 % e 14,60 %. O NGV é uma variável importante, pois está relacionada à PROD, o que é comprovado para r_p e r_E (Tabela 3.5). Vagens menores com menor número de grãos são mais leves, têm maior sustentação, diminuem a probabilidade de quebra e dobramento do pedúnculo, não se encostam ao chão e, por isso, é reduzida a ocorrência de perdas por apodrecimento (SILVA e NEVES, 2011). Essa situação é desejável para colheita mecanizada ou semimecanizadas. Já para colheita manual, quanto maior a vagem, maior é o número de grãos por vagem e, conseqüentemente, maior a produtividade.

A variável PROD obteve maior incremento, de 62,42 e 77,88 %, respectivamente, para TA e TR, em relação às sementes inoculadas com FBN/EM. Provavelmente, esse maior incremento na produtividade de grãos observado para as sementes inoculadas com a estirpe fixadora de nitrogênio e EM deve-se à elevada especificidade da bactéria na cultivar estudada. Devem ser considerados os custos do adubo nitrogenado (ureia) em relação à aquisição de FNB e EM.

Entretanto, outro fator que, provavelmente, tenha influenciado positivamente nesses resultados foi a associação benéfica estabelecida por essas estirpes com o EM, que reduz a ação das bactérias nativas, como a adaptabilidade desses microrganismos à região de estudo. Silva e colaboradores (2011), trabalhando com BR 3267 em feijão-caupi no Pará, concluíram que a cultura respondeu à inoculação junto à adubação fosfatada e potássica, confirmando que, na planta adubada corretamente, a produtividade é melhor.

Observou-se que o tratamento com TR foi semelhante aos tratamentos com as estirpes, inferindo-se que o suprimento por meio biológico substitui totalmente o N mineral. O mesmo ocorreu para TA, similares aos tratamentos com inoculação, sugerindo que as estirpes nativas do solo foram adequadas para suprir as plantas com o N_2 fixado pela simbiose rizóbio/leguminosa

(ALCANTRA e colaboradores, 2014), da qual se obtém uma produtividade com menor custo e por meio do uso de um produto que não contamina o solo.

3.4. Características avaliadas para variáveis referentes à nodulação

Para as variáveis referentes à nodulação, não houve diferença significativa, contudo vale ressaltar o incremento das variáveis em relação à inoculação do EM com as testemunhas, evidenciando a MSN (Tabela 3.8).

Tabela 3.8 – Variáveis referentes à nodulação em cultivar de feijão-caupi BRS Guariba, submetidas a diferentes tratamentos. Vitória da Conquista-BA, 2016.

	TA	TR	FBN	EM	FBN/EM	Média	DMS
MSPA (g) ^{ns}	14,36 a	15,42 a	14,12 a	17,03 a	14,38 a	15,06	5,56
MSR (g) ^{ns}	1,77 a	1,98 a	2,24 a	2,25 a	1,88 a	2,02	0,60
NNOD ^{ns}	34,47 a	34,67 a	39,25 a	47,40 a	48,87 a	40,93	28,92
MSN (mg) ^{ns}	20,00 a	14,00 a	26,00 a	54,00 a	42,00 a	31,20	53,72

TA – Testemunha absoluta, TR – Testemunha relativa, DMS – Diferença mínima significativa, MSPA – Massa seca da parte aérea, MSR – Massa seca da raiz, NNOD- Número de nódulos, MSN– Massa seca dos nódulos.^{ns} Na linha, não houve diferença significativa.

Quanto às variáveis referentes à nodulação, houve incremento de 18,59 e 10,44 % para MSPA quando as sementes foram inoculadas com EM em relação à TA e TR. O mesmo ocorreu para a variável MSR (27,12 e 13,63 %), NNOD (37,51 e 36,72 %) e, principalmente, para MSN (270 e 385,71 %) em relação à TA e TR. Javaid (2009), ao analisar o crescimento, a nodulação e produção de *Vigna mungo* ((L.) Hepper), utilizando duas estirpes de *Bradyrhizobium japonicum* e EM, obtiveram maior peso de massa seca para *B. japonicum* st MN(0,64), seguido de *B. japonicum* st MN + EM (0,54), resultado inferior aos obtidos neste trabalho, possivelmente devido às diferentes condições climáticas e de cultura.

Os resultados obtidos com a inoculação de sementes com FBN/EM e EM foram similares às testemunhas, o que permite dizer que a associação entre

FBN/EM para cultivar de feijão-caupi apresentaram eficiência simbiótica favorável à planta, como também a eficiência do EM em relação às variáveis referentes à nodulação; isso implica que, neste complexo de microrganismo, há nutrientes capazes de interagir com a planta; em consequência, obtêm-se resultados satisfatórios, com menor custo e menos danos ao ambiente.

A inoculação de sementes com EM, FBN ou FBN/EM é de suma importância para o município de Vitória da Conquista-BA, pois o feijão-caupi é cultivado principalmente por agricultores familiares. Estes enfrentam adversidades, dentre elas, a escassez de água e aquisição de adubos nitrogenados. Como alternativa para os adubos nitrogenados, que possuem custo elevado, pode-se utilizar EM, FBN ou FBN/EM. Dessa forma, os agricultores reduzirão o custo de produção e terão maior produtividade, conforme observado neste experimento.

4 CONCLUSÕES

1. O número de ramos laterais, número de folhas e índice de grãos demonstram fácil seleção pela variabilidade genética apresentada.

2. A inoculação de sementes com bactérias fixadoras de nitrogênio, microrganismos eficazes e associação dessas reduzem o custo de produção em relação à adubação nitrogenada (ureia), obtém incremento na produtividade.

5 AGRADECIMENTOS

À FAPESB (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia), pela concessão de bolsa da primeira autora. À UESB e PPGAGRO (Programa de

Pós-graduação em Agronomia), por permitir o ingresso na instituição e no programa de pós-graduação. Ao Cid Simões, engenheiro agrônomo da Ambient, por ter cedido o EM.

6 REFERÊNCIAS

AJAYI, A.T.; ADEKOLA, M. O.; TAIWO, B. H.; AZUH, V. O. Character expression and differences in yield potential of ten genotypes of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp). **International Journal of Plant Research**, v. 4, n.3, p. 63-71, 2014.

AKINWALE, M. G.; GREGORIO, G.; NWILENE, F.; AKINYELE, B. O.; OGUNBAYO, S. A.; ODIYI, A. C. Heritability and correlation coefficient analysis for yield and its components in rice (*Oryza sativa* L.). **African Journal of Plant Science**, v. 5, n.3, p. 207 – 212, 2011.

ALCÂNTARA, R. M. C. M. de; XAVIER, G. R.; RUMJANEK, N. G.; ROCHA, M. de M.; CARVALHO, J. dos S. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza- CE, v. 45, n. 1, p. 1-9, 2014.

ALVES, J. M. A.; ARAÚJO, N. P.; UCHÔA, S. C. P.; ALBUQUERQUE, J. A. A.; SILVA, A. J.; RODRIGUES, G. S.; SILVA, D. C. O. Avaliação agroeconômica da produção de cultivares de feijão-caupi em consórcio com cultivares de mandioca em Roraima. **Revista Agro@ambiente On-line**, Boa Vista -RR, v. 3, n. 1, p.15-30, 2009.

AURAS, N. É.; AMÂNCIO, C. O. da G. Cultivo de feijão-caupi em municípios dos estados do Norte, Nordeste e Centro-Oeste, conforme a área colhida e a produtividade. – Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2015. 185 p.; (Embrapa Agrobiologia. **Documentos**, 300).

BENVINDO R. N.; SILVA, J. A. L. da; FREIRE FILHO, F. R.; ALMEIDA, A. L. G. de; OLIVEIRA, J. T. S.; BEZERRA, A. A. de C. Avaliação de genótipos de feijão-caupi semiprostrado em cultivo de sequeiro e irrigado. **Comunicata Scientie**, Bom Jesus – PI, v.1, n. 1, p.23-28, 2010.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa** n° 13, de 24 de março de 2011.

BUENO, L. C. S. **Melhoramento de Plantas: princípios e fundamentos**. Lavras: UFLA, 2001.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento safra brasileira grão**, Brasília-DF, v.4, n.3, p. 1-156. Disponível em: <file:///d:/Downloads/Documents/16_12_22_12_08_27_boletim_graos_dezembro_2016_2.pdf>, Acesso em: 02 jan. 2017.

CORALES, R. G.; HIGA, T. **Rice production with effective microorganisms: impact on rice and soil**. In.: SANGKKARA, U. R. et al. (ed) Seventh International Conference on Kyusei Nature Farming. Christchurch Polytechnic, Christchurch, p.72-76, 2002.

CORREA, A. M.; BRAGA, D. C.; CECCON, G.; OLIVEIRA, L.V. A. de; LIMA, A. R. de S.; TEODORO, P. E. Variabilidade genética e correlações entre caracteres de feijão-caupi. **Revista Agro@mbienteOn-line**, Boa Vista –RR, v. 9, n. 1, p. 42-47, 2015.

CORREA, A. M.; CECCON, G.; CORREA, C. M. A.; DELBEN, D. S. Estimativas de parâmetros genéticos e correlações entre caracteres fenológicos e morfoagronômicos em feijão-caupi. **Revista Ceres**, Viçosa-MG, v. 59, n. 1, p. 88-94, 2012.

COSTA, E. M. da; NÓBREGA, R. S. A.; FERREIRA, L. de V. M.; AMARAL, F. H. C.; NÓBREGA, J. C. A.; SILVA, A. F. T. da; MOREIRA, F. M. de S. Growth and yield of the cowpea cultivar BRS Guariba inoculated with rhizobia strains in southwest Piauí. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina- PR, v. 35, n. 6, p. 3073-3084, 2014.

COSTA, E. M.; NÓBREGA, R. S. A.; MARTINS, L. de V.; AMARAL, F. H. C.; MOREIRA, F. M. de 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.

CRUZ, C. D. GENES - A software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá- PR, v. 35, n.3, p.271-276, 2013.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Cultivo de feijão-caupi**. Meio Norte (Sistema de Produção, 2), 2003.

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

FREIRE FILHO, F. R.; F. R., RIBEIRO, V.Q.; ROCHA, M. M.; DAMASCENO E SILVA, K. J.; NOGUEIRA, M. S. R.; RODRIGUES, E. V. **Feijão-caupi no Brasil: produção, melhoramento genético, avanços e desafios**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2011. 84 p. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/916831/feijao-caupi-no-brasil-producao-melhoramento-genetico-avancos-e-desafios>. Acesso em: 13 jan.2016.

GERRANO, A. S.; ADEBOLA, P. O.; RENSBURG, W. S. J.; LAURIE, S. M. Genetic variability in cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) genotypes. **South African Journal of Plant and Soil**, v. 32, n. 3, p. 165-174, 2015.

GUALTER, R. M. R.; BODDEY, R. M.; RUMJANEK, N. G.; Freitas, A. C. R. de; Xavier, G. R. Eficiência agrônômica de estirpes de rizóbio em feijão-caupi cultivado na região da Pré-Amazônia maranhense. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília-DF, v.46, n.3, p.303-308, 2011.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Consulta Dados da Estação Automática: Vitória da Conquista (BA)**. Disponível em: http://www.inmet.gov.br/sonabra/pg_dspDadosCodigo_sim.php?QTQxNA. Acesso em: 26 jan. 2017.

JAVAID, A. Growth, nodulation and yield of black gram (*Vigna mungo* (L.) Hepper) as influenced by biofertilizers and soil amendments. **African Journal of Biotechnology**, v. 8, n. 21, p. 5711-5717, 2009.

MACHADO, C. D. F.; TEIXEIRA, N. J. P.; ROCHA, M. D. M.; GOMES, R. L. F. Identificação de genótipos de feijão-caupi quanto à precocidade, arquitetura da planta e produtividade de grãos. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza-CE, v. 39, n. 1, p. 114-123, 2008.

RUMJANEK, N. G.; MARTINS, L. M. V.; XAVIER, G. R.; NEVES, M. C. P. **Fixação biológica do nitrogênio**. In: FREIRE FILHO, F.R.; LIMA, J.A. A.; RIBEIRO, V. Q. (eds). Feijão-caupi: avanços tecnológicos. Brasília: Embrapa, p.281-335, 2005.

SABOYA, R. C. C., BORGES, P. R. S.; SABOYA, L. M. F.; MONTEIRO, F. P. dos R.; SOUZA, S. E. A. de; SANTOS, A. F. dos S.; SANTOS, E. R. dos. Response of cowpea to inoculation with nitrogen-fixing strains in Gurupi -

Tocantins State. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 4, n.1, p. 40-48, 2013.

SANTOS, A.; CECCON, G.; CORREA, A. M.; DURANTE, L. G. Y.; REGIS, J. A. V. B. Análise genética e de desempenho de genótipos de feijão-caupi cultivados na transição do cerrado-pantanal. **Cultivando o Saber**, Cascavel-PR, v.5, n.4, p. 87-102, 2012.

SANTOS, C. A. F.; BARROS, G. A. A.; SANTOS, I. C. C. N.; FERRAZ, M. G. S. Comportamento agrônomico e qualidade culinária de feijão-caupi no Vale do São Francisco. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 3, p. 404-408, 2008.

SERAN, T. H.; SHAHARDEEN, R. N. M. Marketable pod yield of vegetable cowpea (*Vigna unguiculata*) as influenced by organic manures fermented with EM solution. **The Open Horticulture Journal**, v. 6, p. 19-23, 2013.

SILVA, A. C.; MORAIS, O. M.; SANTOS, J. L.; D'AREDE, L. O.; SILVA, C. J.; ROCHA, M. M. Estimativa de parâmetros genéticos em *Vigna unguiculata*. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 37, n.4, p 399-407, 2014

SILVA JÚNIOR, E. B. da; SILVA, K. da; OLIVEIRA, S. S.; OLIVEIRA, P. J. de; BODDEY, R. M.; ZILLI, J. É.; XAVIER, G. R. Nodulação e produção de feijão-caupi em resposta à inoculação com diferentes densidades rizobianas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília-DF, v.49, n.10, p.804-812, 2014.

SILVA, M. F.; SANTOS, C. E. R. S.; SOUSA, C. A.; ARAÚJO, R. S. L.; STAMFORD, N. P.; FIGUEIREDO, M. V. B. Nodulação e eficiência da fixação do N₂ em feijão-caupi por efeito da taxa do inócuo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.36, n.5, p.1418-1425, 2012.

SILVA, A. L. J.; NEVES, J. Produção de feijão-caupi semiprostrado em cultivos de sequeiro e irrigado. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife-PE, v.6, n.1, p. 29-36, 2011.

SILVA, R.T. L., ANDRADE, D. P., MELO, E. C., PALHETA, E. C. V., GOMES, M. A. F. Inoculação e adubação mineral na cultura do feijão – caupi em latossolos da Amazônia Oriental. **Revista Caatinga**, Mossoró-RN, v. 24, n. 4, p. 152-156, out.-dez., 2011.

SIMÕES, C. *Ambiem. Informação pessoal*. 2016.