

**COMPORTAMENTO DE CULTIVARES FEIJÃO-CAUPI DE PORTE
SEMIERETO EM FUNÇÃO DA DENSIDADE DE PLANTAS**

ADÃO CABRAL DAS NEVES

**TERESINA
Piauí - Brasil
Junho – 2014**

**COMPORTAMENTO DE CULTIVARES FEIJÃO-CAUPI DE PORTE
SEMIERETO EM FUNÇÃO DA DENSIDADE DE PLANTAS**

ADÃO CABRAL DAS NEVES

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Produção Vegetal, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Piauí, para obtenção do título de Mestre em Agronomia, Área de concentração em Produção Vegetal.

**TERESINA
Piauí - Brasil
Junho – 2014**

**COMPORTAMENTO DE CULTIVARES FEIJÃO-CAUPI DE PORTE
SEMIERETO EM FUNÇÃO DA DENSIDADE DE PLANTAS**

ADÃO CABRAL DAS NEVES

Bacharel em Engenharia Agronômica

Orientador: Prof. Dr. Antônio Aécio Carvalho Bezerra

Co-orientador: Dr. Maurisrael de Moura Rocha

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Produção Vegetal, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Piauí, para obtenção do título de Mestre em Agronomia, Área de concentração em Produção Vegetal.

**TERESINA
Piauí – Brasil
Junho – 2014**

**COMPORTAMENTO DE CULTIVARES FEIJÃO-CAUPI DE PORTE
SEMIERETO EM FUNÇÃO DA DENSIDADE DE PLANTAS**

ADÃO CABRAL DAS NEVES

Aprovada em ____/____/____

Comissão julgadora:

Dr. Francisco Rodrigues Freire Filho
Embrapa Amazônia Oriental

Prof^a. Dr^a. Regina Lúcia Ferreira Gomes
Universidade Federal do Piauí

Dr. Maurisrael de Moura Rocha
Embrapa Meio-Norte – Co-orientador

Prof. Dr. Antônio Aécio Carvalho Bezerra
Universidade Federal do Piauí – Orientador

A Deus,

Com toda a minha gratidão.

Ofereço

Aos meus pais, Manoel e Raimunda, aos meus filhos: Amanda Marselha, Ádria Maiara e Emmanuel Massimo; às minhas irmãs: Lucimar, Creusa, Eva, Antonieta, Veralúcia e Veraneide, por terem me apoiado em momentos difíceis, muito comum para quem busca novos desafios.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela presença constante e pela força nos momentos mais difíceis;

À Universidade Federal do Piauí pela oportunidade de realizar este curso de pós-graduação;

À Embrapa Meio-Norte pela infraestrutura disponibilizada para que os ensaios e análises fossem realizados; Aos pesquisadores da Embrapa Meio-Norte: Maurisrael de Moura Rocha, Kaesel Jackson Damasceno e Silva, e Francisco Rodrigues Freire Filho, pelo empenho para que eu fizesse parte da equipe do feijão-caupi;

Ao Professor Antônio Aécio Carvalho Bezerra, pela orientação; À Professora Regina Lucia Ferreira Gomes, pela orientação inicial; Aos professores do Curso de Mestrado em Agronomia – Produção Vegetal: Eugênio Celso Emérito Araújo, Rafael Vivian, Lucio Flavo Lopes Vasconcelos, Edson Alves Bastos, José Oscar de Oliveira Júnior, José Almeida Pereira e Disraeli Reis da Rocha (convidados), Francisco de Alcântara Neto, Francisco Edinaldo Pinto Mousinho, José Algaci Lopes da Silva, e Poliana Rocha D’Almeida Soares;

Aos funcionários da Embrapa Meio-Norte, Francisco Mauro de Sousa, Erlândio Santos Resende, Manoel Gonçalves, Paulo Monteiro, Agripino Ferreira, Gregório Chaves, Antônio José, Francisco Reis de França, Francisco Lima (“Mirim”), Francisco Gustavo e Diêgo Sávio; Às “mulheres do caupi”, pelo apoio integral;

À Jaqueline Luz, em especial, pelas ternas palavras de estímulo e companheirismo;

Aos bolsistas do laboratório de fisiologia vegetal da Embrapa Meio-Norte: Kelly Jane Correia Cavalcante, Benicio Oliveira dos Santos Júnior, Francisca Lauriene dos Santos Oliveira, João Pedro Alves de Aquino, Alzeneide da Silva Lopes. Aos colegas da pós-graduação em Produção Vegetal da UFPI: Lucélia Cássia, Luciano Moura, Bruno Karvand, Girão Filho, Ana Carolina (Carol), Zé Roberto, Jayara Dayany, Marcus Willame, Ana Roberta, Diléia, Gleison, Claudyanne, Westerlanya (Wester), Alisson Lima, Silvana Tavares e Alison Alexandrino. Aos bolsistas da UFPI, Ronielle Pereira Ribeiro de Sousa e Mayara Galeno da Silva, pelo auxílio nas coletas de dados.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE TABELAS	xi
RESUMO.....	xv
ABSTRACT.....	xvii
1. INTRODUÇÃO GERAL.....	19
2. REVISÃO DE LITERATURA	21
2.1 Importância socioeconômica do feijão-caupi.....	21
2.2 Cultivares e densidade de plantas em feijão-caupi..	22
2.3 Caracteres morfológicos e densidade de plantas em feijão-caupi...	24
2.4 Caracteres fisiológicos e densidade de plantas em feijão-caupi.....	25
2.5 Caracteres de produção e densidade de plantas em feijão-caupi.....	26
3. REFERÊNCIAS	29
CAPÍTULO I - Comportamento morfológico de cultivares de feijão-caupi de porte semiereto, submetidas a diferentes densidades de plantas..	35
RESUMO.....	35
ABSTRACT.....	36
1. INTRODUÇÃO	37
2. MATERIAL E MÉTODOS	38
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
3.1 Comprimento do hipocótilo	41
3.2 Número de nós no ramo principal	42
3.3 Comprimento do ramo principal	44
3.4 Número de ramos laterais	45
4. CONCLUSÕES	48
5. REFERÊNCIAS	49
CAPÍTULO II – Comportamento fisiológico de cultivares de feijão-caupi de porte semiereto submetidas a diferentes densidades de plantas.....	51
RESUMO.....	51
ABSTRACT.....	52

1. INTRODUÇÃO.....	53
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	54
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	56
3.1 Índice de área foliar aos 28 dias após a emergência.....	57
3.2 Interceptação luminosa aos 39, 53 e 60 dias após a emergência	58
3.3 Teor de clorofila aos 30 e aos 45 dias após a emergência	62
3.4 Fotossíntese aos 30 e aos 45 dias após a emergência	64
3.5 Índice de biomassa foliar aos 28 e aos 44 dias após a emergência	65
3.6 Matéria seca da parte aérea aos 28 dias após a emergência	68
3.7 Taxa de crescimento da cultura	69
3.8 Taxa de Assimilação Líquida.....	71
4. CONCLUSÕES	73
5. REFERÊNCIAS	74
CAPÍTULO III - Comportamento da produção de grãos e seus componentes em cultivares de feijão-caupi de porte semiereto, submetidas a diferentes densidades de plantas	77
RESUMO.....	77
ABSTRACT.....	78
1. INTRODUÇÃO	79
2. MATERIAL E MÉTODOS	80
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	81
3.1 Comprimento da vagem	81
3.2 Número de grãos por vagem	83
3.3 Massa de cem grãos	84
3.4 Índice de grãos.....	85
3.5 Rendimento de grãos	86
4. CONCLUSÕES	88
5. REFERÊNCIAS	89
CONCLUSÕES GERAIS ..	91

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Variação no número de nós no ramo principal de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiereto, em função da densidade de plantas.Teresina, PI, 2014	43
Figura 2- Variação no comprimento do ramo principal de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiereto, em função da densidade de plantas.Teresina, PI, 2014.	45
Figura 3- Variação no número de ramos laterais de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiereto, em função da densidade de plantas.Teresina, PI, 2014.....	46
Figura 4- Variação no índice de área foliar aos 28DAE de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiereto, em função da densidade de plantas.Teresina, PI, 2014.	59
Figura 5- Variação na interceptação luminosa aos 39DAE de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiereto, em função da densidade de plantas.Teresina, PI, 2014.	60
Figura 6- Variação no índice de biomassa foliar aos 28DAE de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiereto, em função densidade de plantas.Teresina, PI, 2014.	66
Figura 7 - Variação no índice de biomassa foliar aos 44DAE de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiereto, em função da densidade de plantas. Teresina, PI, 2014.....	67
Figura 8- Variação na matéria seca da parte aérea aos 28DAE de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiereto, em função da densidade de plantas.Teresina, PI, 2014.	69
Figura 9- Variação na matéria seca da taxa de crescimento da cultura de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiereto, em função da densidade de plantas.Teresina, PI, 2014.	71
Figura 10- Variação na matéria seca da taxa de assimilação líquida de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiereto, em função da densidade de plantas.Teresina, PI, 2014.	72

Figura 11- Variação no comprimento de vagem (COMPV) de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiereto, em função da densidade de plantas.Teresina, PI, 2014.	82
Figura 12- Variação no número de grãos por vagem (NGV) de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiereto, em função da densidade de plantas.Teresina, PI, 2014.	84

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Resultado da análise química do solo da área experimental para macronutrientes, na camada de 0 – 20 cm. Teresina, PI, 2014.	38
Tabela 2. Principais características das cultivares de feijão-caupi avaliadas. Teresina, PI, 2014.....	39
Tabela 3. Resumo das análises de variância para o comprimento do ramo principal (CRP), número de nós do ramo principal (NNRP), número de ramos laterais (NRL) e comprimento do hipocótilo (CH) de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiereto, submetidas a cinco densidades de plantas. Teresina, PI, 2014.....	41
Tabela 4. Valores médios para o comprimento do ramo principal de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiereto, submetidas a cinco densidades de plantas. Teresina, PI, 2014.....	42
Tabela 5. Valores médios para o número de nós do ramo principal de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiereto, submetidas a cinco densidades de plantas. Teresina, PI, 2014.....	42
Tabela 6. Valores médios para o número de ramos laterais de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiereto, submetidas a cinco densidades de plantas. Teresina, PI, 2014.	44
Tabela 7. Valores médios para o comprimento do hipocótilo de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiereto, submetidas a cinco densidades de plantas. Teresina, PI, 2014.	45
Tabela 8. Resumo da análise de variância para o índice de área foliar aos 28 dias após a emergência (IAF28DAE) interceptação luminosa aos 39, 53 e aos 60 dias após a emergência (IL39DAE, IL53DAE e IL60DAE) de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiereto, submetidas a cinco densidades de plantas. Teresina, PI, 2014.....	56

Tabela 9. Resumo da análise de variância para o teor de clorofila aos 30 e 45 dias após a emergência (TC aos 30 e 45DAE), fotossíntese aos 30 e 45 dias após a emergência (FT aos 30 e 45DAE) e índice de biomassa foliar aos 28 dias após a emergência (IBF28DAE) de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiereto, submetidas a cinco densidades de plantas. Teresina, PI, 2014.....	57
Tabela 10. Resumo da análise de variância para o índice de biomassa foliar aos 44 e matéria seca da parte aérea aos 28 dias após a emergência (IBF44DAE e MSPA28DAE), taxa de crescimento da cultura (TCC) e taxa de assimilação líquida (TAL) de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiereto, submetidas a cinco densidades de plantas. Teresina, PI, 2014.....	57
Tabela 11. Valores médios para o índice de área foliar aos 28 dias após a emergência de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiereto, submetidas a cinco densidades de plantas. Teresina, PI, 2014.....	58
Tabela 12. Valores médios para a interceptação luminosa aos 39 dias após a emergência de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiereto, submetidas a cinco densidades de plantas. Teresina, PI, 2014.....	59
Tabela 13. Valores médios para a interceptação luminosa aos 53 dias após a emergência de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiereto, submetidas a cinco densidades de plantas. Teresina, PI, 2014.....	61
Tabela 14. Valores médios para a interceptação luminosa aos 60 dias após a emergência de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiereto, submetidas a cinco densidades de plantas. Teresina, PI, 2014.....	62
Tabela 15. Valores médios para o teor de clorofila aos 30 dias após a emergência de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiereto, submetidas a cinco densidades de plantas. Teresina, PI, 2014.....	63
Tabela 16. Valores médios para o teor de clorofila aos 45 dias após a emergência de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiereto, submetidas a cinco densidades de plantas. Teresina, PI, 2014.....	63
Tabela 17. Valores médios para a fotossíntese aos 30 dias após a emergência de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiereto, submetidas a cinco densidades de plantas. Teresina, 2014.....	64

Tabela 18. Valores médios para a fotossíntese aos 45 dias após a emergência de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiereto, submetidas a cinco densidades de plantas. Teresina, 2014.....	65
Tabela 19. Valores médios para o índice de biomassa foliar aos 28 dias após a emergência de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiereto, submetidas a cinco densidades de plantas. Teresina, PI, 2014.....	66
Tabela 20. Valores médios para o índice de biomassa foliar aos 44 dias após a emergência de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiereto, submetidas a cinco densidades de plantas. Teresina, PI, 2014.....	67
Tabela 21. Valores médios para a matéria seca da parte aérea aos 28 dias após a emergência de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiereto, submetidas a cinco densidades de plantas. Teresina, PI, 2014.....	68
Tabela 22. Valores médios para a taxa de crescimento da cultura de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiereto, submetidas a cinco densidades de plantas. Teresina, PI, 2014.....	70
Tabela 23. Valores médios para a taxa de assimilação líquida de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiereto, submetidas a cinco densidades de plantas. Teresina, PI, 2014.....	71
Tabela 24. Resumo da análise de variância para o comprimento de vagens (COMPV), número de grãos por vagem (NGV), Massa de Cem Grãos (MCG), índice de grãos(IG) e rendimento de grãos (RG) de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiereto, submetidas a cinco densidades de plantas. Teresina, PI, 2014.....	81
Tabela 25. Valores médios para o comprimento de vagem de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiereto, submetidas a cinco densidades de plantas. Teresina, PI, 2014.....	82
Tabela 26. Valores médios para o número de grãos por vagem de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiereto, submetidas a cinco densidades de plantas. Teresina, PI, 2014.....	83

Tabela 27. Valores médios para a massa de cem grãos de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiereto, submetidas a cinco densidades de plantas. Teresina, PI, 2014.	85
Tabela 28. Valores médios para o índice de grãos de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiereto, submetidas a cinco densidades de plantas. Teresina, PI, 2014.	86
Tabela 29. Valores médios para o rendimento de grãos de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiereto, submetidas a cinco densidades de plantas. Teresina, PI, 2014.	87

RESUMO

Realizou-se um experimento com o objetivo de avaliar os efeitos de diferentes populações de plantas em cultivares de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) de porte semiereto, sobre características morfológicas, fisiológicas e de produção de grãos. O experimento foi conduzido no campo experimental da Embrapa Meio-Norte, no município de Teresina, PI, no ano de 2013. Utilizou-se o delineamento experimental de blocos completos casualizados, no esquema fatorial 4x5, com quatro repetições. Os tratamentos foram compostos pelas combinações de quatro cultivares (BRS Guariba, BRS Novaera, BRS Potengi e BRS Tumucumaque) com cinco populações de plantas (10^5 , 2×10^5 , 3×10^5 , 4×10^5 e 5×10^5 plantas ha^{-1}). Foram avaliados caracteres morfológicos: comprimento do hipocótilo, número de nós no ramo principal, comprimento do ramo principal e número de ramos laterais; fisiológicos: índice de área foliar aos 28 dias após a emergência, interceptação luminosa aos 39, 53 e 60 dias após a emergência, teor de clorofila aos 30 e 45 dias após a emergência, fotossíntese aos 30 e 45 dias após a emergência, índice de biomassa foliar aos 28 e 44 dias após a emergência, matéria seca da parte aérea aos 28 dias após a emergência, taxa de crescimento da cultura e taxa de assimilação líquida; produtivos: comprimento da vagem, número de grãos por vagem, massa de cem grãos, índice de grãos e rendimento de grãos. Foram realizadas análises de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Para o fator densidade de plantas, fez-se análise de regressão, testando-se os modelos linear e quadrático. A densidade de plantas não influenciou as cultivares para os caracteres morfológicos, fisiológicos e de produção de grãos avaliados. Na média das cultivares, aumentos na densidade de plantas provocaram reduções no número de nós no ramo principal, no número de ramos laterais, na interceptação luminosa aos 39 dias após a emergência, no índice de biomassa foliar aos 28 e aos 44 dias após a emergência, na taxa de assimilação líquida, na taxa de crescimento da cultura, no comprimento de vagens e no número de grãos por vagem, efeito quadrático no comprimento do ramo principal, atingindo o máximo na densidade de plantas de 3×10^5 , enquanto o comprimento do hipocótilo, a interceptação luminosa aos 53 e aos 60 dias após a emergência, o teor de clorofila aos 30 e aos 45 dias após a emergência, e a

fotossíntese aos 30 e aos 45 dias após a emergência não foram afetados pelas densidades de plantas avaliadas.

Palavras-chave: *Vigna unguiculata*, morfofisiologia, populações, produção.

ABSTRACT

An experiment was conducted to evaluate the effects of different plant populations using semi erect size cultivars of cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] on morphological, physiological and grain yield characteristics. The experiment was conducted in the experimental field of Embrapa Meio-Norte, in the city of Teresina, PI, in 2013. Experimental randomized complete block design in a 4x5 factorial with four replications was used. The treatments consisted of combinations of four cultivars (BRS Guariba, BRS Novaera, BRS Potengi, and BRS Tumucumaque) with five plant densities (10^5 , 2×10^5 , 3×10^5 , 4×10^5 , and 5×10^5 plants ha^{-1}). Morphological characters were evaluated: hypocotyl length, number of nodes on the main branch, main branch length, and number of lateral branches; Physiological: leaf area index at 28 days after emergence, light interception at the 39, 53, and 60 days after emergence, chlorophyll content at 30 and 45 days after emergence, and, photosynthesis at 30 and 45 days after emergence, the leaf biomass at 28 and 44 days after emergence, dry weight of shoots at 28 days after emergence growth rate of the culture, and net assimilation rate; yield components: length of pods, number of seeds per pod, weight of hundred grains, grain index, and grain yield. Statistical randomized block design was used in the scheme 4x5 factorial with four replications. Data were subjected to analysis of variance, followed by application of F test, when this test was significant Tukey test was applied at 1% and 5%, for comparison of means between the cultivars. For the population of plants per hectare factor, regression analysis was performed by testing the linear and quadratic models. Population density did not influence the morphological, physiological and production of cultivars evaluated. Increase in population density causes reductions in the number of nodes in the main branch, number of lateral branches, in light interception to 39 days after emergence, the rate of leaf biomass at 28 and at 44 days after emergence, the net assimilation rate, the growth rate of the culture, length of pods and number of seeds per pod. The length of the main branch has a quadratic effect, the highest value was observed when the population density was 3×10^5 .

The hypocotyl length, light interception after 53 and 60 days after emergence, chlorophyll content at 30 and 45 days after emergence, and photosynthesis at 30 and 45 days after emergence are not affected by population densities evaluated.

Keywords: *Vigna unguiculata* morphophysiology , plant populations, production.

1. INTRODUÇÃO GERAL

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) é uma espécie de grande importância na alimentação humana. É uma excelente fonte de proteínas (23%-25%, em média), carboidratos (62%, em média), vitaminas e minerais. Possui todos os aminoácidos essenciais, uma grande quantidade de fibras dietéticas e baixa quantidade de gordura (teor de óleo de 2%, em média). Pelo seu valor nutritivo, o feijão-caupi é cultivado principalmente para a produção de grãos, secos ou verdes, para o consumo humano “in natura”, na forma de conserva ou desidratado. Além disso, também é utilizado como forragem verde, feno, ensilagem, farinha para alimentação animal e, ainda, como adubação verde e proteção do solo (ANDRADE JÚNIOR et al., 2002).

Pelo número de países consumidores, pelo volume da produção, pela sua excelente qualidade nutricional e ainda pela escassez de alimentos no mundo, evidencia-se que o feijão-caupi tem uma excelente perspectiva no mercado internacional (FREIRE FILHO et al., 2011).

Segundo Wander (2013), os maiores produtores de feijão-caupi são Nigéria (1,8 milhões de toneladas), Níger (1,5 milhões de toneladas), Burkina Faso (440 mil toneladas), Myanmar (220 mil toneladas), Tanzânia (170 mil toneladas), Camarões (150 mil toneladas) e Mali (130 mil toneladas). No entanto, é sabido que em países como Índia, Myanmar e Brasil há uma produção expressiva de feijão-caupi que não aparece nas estatísticas da FAO. De acordo com o mesmo autor, a produção mundial de feijão-caupi, em 2011, foi de, aproximadamente, cinco milhões de toneladas.

Conforme Bezerra et al. (2008), no Brasil, o feijão-caupi apresenta-se como uma cultura estratégica na composição da dieta alimentar, em especial na zona rural das diversas regiões, com destaque para, Norte e Nordeste.

Explorado tradicionalmente nos sistemas agrícolas familiares, em cultivo de sequeiro e com baixo nível tecnológico, ele tem sido pesquisado mais intensamente nas últimas décadas (XAVIER et al., 2005), apresentado melhorias técnicas e econômicas dos sistemas de produção que, juntamente com outros fatores, tem contribuído para o aumento progressivo da participação de

empresários de médio e grande porte na produção e comercialização (FREIRE FILHO et al., 2005a)

O avanço do feijão-caupi para áreas de produção baseado no uso de alta tecnologia tem gerado uma demanda por cultivares com características que atendam às necessidades dos sistemas de produção tecnificados, dentre elas, alto potencial de rendimento de grãos, da resistência a pragas e doenças e da qualidade de grãos, características de porte e arquitetura adequados ao maior adensamento e à mecanização da cultura, inclusive da colheita (BEZERRA et al., 2009).

O feijão-caupi tem conquistado espaço na região Centro-Oeste, em função da disponibilidade de cultivares eretas e semieretas, favorecendo o cultivo mecanizado e possibilitando sua inserção nos sistemas de produção tecnificados, tanto como cultura principal, como cultura de safrinha.

Os arranjos e as densidades populacionais influenciam o comportamento do feijão-caupi, dependendo das condições de plantio e características morfológicas, fisiológicas e capacidade produtiva das cultivares (TÁVORA et al., 2000).

Tem-se observado variação nas densidades populacionais adotadas, especialmente nos sistemas de produção onde se utilizam mecanização em todas as atividades, tendo em vista o aproveitamento dos equipamentos utilizados em outras culturas, como a soja. Os espaçamentos entre linhas tem variado de 0,45 a 0,50m, em função da plantadeira, com 8 até 17 plantas por metro linear, de modo empírico, considerando a fertilidade do solo. Assim, tem-se densidades populacionais variando de 170.000 a 340.000 plantas ha⁻¹.

Este trabalho teve por objetivo avaliar o efeito de diferentes densidades de plantas sobre caracteres morfológicos, fisiológicos e de produção em cultivares de feijão-caupi de porte semiereto.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Importância socioeconômica do feijão-caupi

O feijão-caupi é uma cultura originária da região oeste da África, tendo sido introduzida no Brasil por colonizadores espanhóis e portugueses, pelo estado da Bahia, sendo disseminada para outros estados da região Nordeste e para outras regiões do país (FREIRE FILHO et al., 2005b). Tem uma grande importância, tanto como alimento quanto como gerador de emprego e renda. Constitui-se em um componente alimentar básico das populações rurais e urbanas das regiões Norte e Nordeste.

Na região Nordeste do Brasil encontram-se as maiores áreas plantadas com a cultura do feijão-caupi, que desempenha função de destaque socioeconômico, onde representa um dos principais componentes da dieta alimentar, possuindo excelente valor nutritivo, sendo, desta forma, a principal fonte de proteína vegetal para os sertanejos. Apresenta alto potencial produtivo e é uma cultura que contribui para fixar o homem no campo, melhorando a renda dos agricultores familiares (FREITAS, 2012).

De acordo com a FAO (2013), a produção mundial de feijão-caupi, em 2012, foi de 5,7 milhões de toneladas. O maior produtor é a Nigéria, que responde por 44% da produção mundial. Em seguida vem o Níger, com 23% do volume total médio produzido. Embora não conste nas estatísticas da FAO, o Brasil é o terceiro produtor mundial, com média anual de 513.619 toneladas, no período de 2005 a 2009, correspondente a 9% da produção mundial (FREIRE FILHO et al., 2011).

Considerando o período de 2005 a 2009, a produtividade média de grãos, em feijão-caupi, foi de 369,14 kg ha⁻¹ (FREIRE FILHO et al., 2011), considerada baixa. No entanto o seu potencial genético é bem maior segundo Bezerra (1997), em condições experimentais, chegou-se a produtividades de grãos secos acima de 3.000kg ha⁻¹, com expectativa de que ultrapasse 6.000kg ha⁻¹. Entretanto, para se chegar a esse nível de produtividade é necessário que haja mais investimento em pesquisas com a cultura, em estudos relacionados com a ecofisiologia, a fim de se verificar a resposta aos fatores ambientais em diferentes regiões do país,

pois a maioria dessas informações é obtida por meio de trabalhos realizados em outros países como Nigéria e Estados Unidos (EMBRAPA MEIO-NORTE, 2003).

A tendência atual é o incremento do uso de alta tecnologia na cultura do feijão-caupi, com a mecanização de todas as etapas do cultivo. Desse modo, além da produtividade e da qualidade, é imprescindível o melhoramento das características relacionadas à arquitetura da planta, com vistas à obtenção de plantas eretas que possibilitem a colheita mecanizada (MATOS FILHO et al., 2006).

Constata-se que o cultivo do feijão-caupi está se expandindo para a região dos cerrados, das regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste, onde é incorporado aos arranjos produtivos como safrinha após as culturas da soja e do arroz, e, em alguns locais, como cultura principal. Nessas regiões, principalmente quando é cultivado em forma de safrinha, o feijão-caupi tem um custo muito competitivo, fator que tem feito aumentar o interesse dos produtores pela cultura (FREIRE FILHO et al., 2011).

2.2 Cultivares e densidade de plantas em feijão-caupi

Segundo Cardoso et al. (2005), a escassez ou excesso de plantas por área é uma das causas da baixa produtividade do feijão-caupi no Brasil.

A demanda por cultivares de porte ereto tem aumentado nos últimos anos devido ao interesse crescente por parte dos grandes produtores nos cerrados do Meio-Norte, Nordeste do Pará e Centro-Oeste (ROCHA et al., 2013).

Cultivares melhoradas e linhagens elites de feijão-caupi têm apresentado produtividades superiores a 2.600 kg ha⁻¹ (BEZERRA, 1997), desta forma, pode-se aumentar significativamente as produtividades obtidas por meio do uso de variedades melhoradas, aliadas a outras tecnologias como densidades populacionais adequadas.

A expressão do potencial produtivo do feijão-caupi depende da combinação favorável de um conjunto de fatores, destacando-se a densidade de plantas, que influencia diretamente as características morfológicas, fisiológicas e de rendimento de grãos, bem como, o aproveitamento dos recursos tecnológicos, ambientais e de manejo (BEZERRA et al., 2013).

O porte, a arquitetura e o sistema de produção são fatores que influenciam na determinação do arranjo de plantas mais adequado para que os fatores ambientais sejam eficientemente aproveitados e o potencial produtivo da cultivar seja maximizado (BEZERRA, 2005).

O manejo da densidade de plantas é uma das práticas culturais mais importantes para determinar o rendimento de grãos de feijão-caupi, isto porque a densidade interfere diretamente no aproveitamento de luz e na concorrência por nutrientes e por água (SILVA et al., 2012).

Dentre as atividades de manejo, os diferentes arranjos espaciais, resultantes da combinação de espaçamento entre fileiras e do número de plantas por área, têm sido frequentemente discutidos como forma de maximizar o rendimento de grãos pela otimização do uso dos fatores de produção como água, luz e nutrientes, assim como, pela influência direta em várias características morfológicas, fisiológicas e produtivas da planta (CARDOSO et al., 2013).

A densidade de plantas determina o grau de competição e o estágio em que ela será mais intensa entre as plantas. A competição em intensidade elevada, nos estádios iniciais do desenvolvimento da cultura, pode favorecer o surgimento de plantas improdutivas, diminuindo o estande produtivo final e, conseqüentemente, o rendimento de grãos (BEZERRA et al., 2008). Assim, tanto nos sistemas tecnificados, quanto nos tradicionais, há a necessidade de informações sobre as alterações imputadas na morfologia e nos componentes de produção das variedades modernas de feijão-caupi, quando submetidas a diferentes densidades de plantio (BEZERRA et al., 2013).

O manejo adequado da cultura é essencial no estabelecimento do equilíbrio entre os fatores de produção, tais como, cultivares, densidade de plantas, ambiente, possibilitando a obtenção de uma ótima produtividade e maior qualidade de grãos.

Assim são necessários mais estudos envolvendo estes fatores, principalmente nas regiões nas quais a cultura do feijão-caupi vem ganhando expressão, sendo estas pesquisas de suma importância para o aumento da eficiência da produção agrícola nesta cultura (MATOSO et al., 2013).

2.3 Caracteres morfológicos e densidade de plantas em feijão-caupi

No feijão-caupi, segundo Freire Filho et al. (2005c) a arquitetura da planta é o resultado da interação dos caracteres: hábito de crescimento; comprimentos do hipocótilo, epicótilo, entrenós, ramos principal e secundários e do pedúnculo da vagem; disposição dos ramos laterais em relação ao ramo principal; disposição dos pedúnculos das vagens em relação à copa da planta e consistência dos ramos.

Segundo Bezerra et al. (2008), o número de nós no ramo principal, está diretamente relacionada com a quantidade de pontos para o desenvolvimento de gemas reprodutivas, tendo uma grande importância nos plantios mais adensados, onde a maioria das gemas reprodutivas ocorre no ramo principal, face a grande redução ocorre no número de ramos laterais em resposta ao adensamento de plantas.

O comprimento do ramo principal e o número de nós no ramo principal são caracteres importantes para a arquitetura de planta das cultivares destinadas à colheita mecanizada (MACHADO et al., 2008).

Bezerra et al. (2013), estudando cultivares de feijão-caupi de porte semiereto, observaram que o comprimento do ramo principal aumentou linearmente em resposta ao aumento da população de plantas ha^{-1} . Segundo o mesmo autor, estes aumentos podem promover maior suscetibilidade da cultivar ao acamamento.

O número de ramos laterais e suas características influenciam diretamente a arquitetura da planta e o potencial de rendimento de grãos, e diminui significativamente com o aumento da população de plantas (CECCON et al., 2013).

Segundo Bezerra et al. (2001), o caráter número de ramos laterais apresentou correlações genéticas significativas e negativas com rendimento de grãos.

O aumento na população de 100 mil para 500 mil plantas por hectare provocou redução de 84,5% no número de ramos laterais (BEZERRA et al., 2008).

Conforme Rocha et al. (2009), os caracteres que formam a arquitetura da planta em feijão-caupi, tais como: hábito de crescimento e comprimento do hipocótilo, dos entrenós, dos ramos principais e secundários e do pedúnculo, podem resultar em maior ou menor acamamento das plantas, bem como permitir a colheita mecânica ou facilitar a colheita manual.

2.4 Caracteres fisiológicos e densidade de plantas em feijão-caupi

O índice de área foliar é definido como a razão entre a área foliar total e a área de solo disponível para a planta (BENINCASSA, 2003). Como a fotossíntese depende da área foliar, o rendimento de uma cultura será maior quanto mais rápido a planta atingir o índice de área foliar máximo e quanto mais tempo a área foliar permanecer ativa (PEREIRA; MACHADO, 1987).

Segundo Phogat et al. (1984), a interceptação da energia luminosa no feijão-caupi geralmente é alta devido às folhas glabras e de coloração verde escura. Os autores, avaliando a taxa de fotossíntese líquida e a absorção da radiação fotossinteticamente ativa por esta cultura, observaram que apenas 4,3 % da energia luminosa foi refletida pelas folhas de feijão-caupi, em condições ótimas de água no solo.

Mendes et al. (2005), estudando a cultura do feijão-caupi, observaram que a porcentagem de luz interceptada, o índice de área foliar e a taxa de crescimento da cultura apresentaram um incremento de 50%, 206% e 130%, respectivamente, quando a população de plantas foi aumentada de 41.666 para 166.666 plantas ha⁻¹.

Para Engel ; Poggiani (1991), a eficiência fotossintética está ligada ao teor de clorofila das plantas, afetando o crescimento e influenciando a adaptabilidade das mesmas aos diversos ambientes. Estudos realizados evidenciaram que o teor de clorofila varia muito entre as espécies, assim como entre genótipos de uma mesma espécie (LEE, 1988).

Casaroli et al. (2007), estudando a cultura da soja, afirmam que a taxa de fotossíntese no dossel foi significativamente reduzida na floração e enchimento de grãos, nas mais baixas densidades de plantas, entretanto, entretanto este fator teve pouco efeito após o período de enchimento de grãos.

A elevada sensibilidade e efetividade dos estômatos do feijão-caupi pode contribuir para a manutenção da taxa de fotossíntese líquida em um nível baixo, porém, por um tempo relativamente longo (PINHO et al., 2001).

Em leguminosas, os fotoassimilados produzidos pelas folhas são acumulados intermediariamente nos ramos, sendo posteriormente translocados para as vagens (SUBBARAO et al., 1995).

Para Bezerra (2005), os parâmetros utilizados para medir o crescimento do feijão-caupi abordam a área foliar e a matéria seca acumulada pela planta, uma vez que esses fatores representam a “fábrica” e o “produto final”, respectivamente.

Ezedinma (1974), estudando a relação entre a produção de matéria seca por planta (g planta^{-1}) e por área (g m^{-2}), com o espaçamento entre e dentro da fileira, na cultura do feijão-caupi, observou que o aumento da população de plantas proporcionou aumento na matéria seca por área (g m^{-2}), enquanto a matéria seca por planta diminuiu.

2.5 Caracteres de produção de grãos e densidade de plantas em feijão-caupi

Há consenso quanto ao fato de que vários componentes, como número de grãos por vagem, comprimento de vagem e peso de cem grãos estão fortemente relacionados à produtividade de grãos, em feijão-caupi (BENVINDO et al., 2010).

SANTOS; ARAÚJO (2000); TÁVORA et al. (2000), estudando cultivares de feijão-caupi de portes semiereto e prostrado, observaram que o acréscimo do número de plantas por área promoveu diminuição no número de vagens por planta. Na cultura do feijão-caupi, o adensamento de plantas provoca reduções no número de vagens por planta e na produção de grãos por planta, porém, não influencia significativamente o peso de cem grãos (BEZERRA et al., 2009). Em geral, o número de vagens por planta e a produção de grãos por planta, diminuem com o aumento da densidade populacional. (CARDOSO et al., 2005).

O número de vagem por planta e a produção de grãos por planta são as principais variáveis que contribuem para as diferenças que ocorrem no rendimento de grãos em relação às densidades de plantas de feijão-caupi (CARDOSO; RIBEIRO, 2006).

Bezerra (1997) observou que os maiores efeitos diretos negativos sobre o rendimento de grãos foram apresentados pelos caracteres número de nós no ramo principal, número de vagens por planta e comprimento de vagem em feijão-caupi. Na cultura do feijão-caupi, os caracteres comprimento do ramo principal, número de nós do ramo principal, área foliar e número de ramos laterais apresentaram efeito indireto positivo na produção de grãos, via número de vagens por planta (MATOS FILHO, 2006). Em geral, o aumento da densidade de plantio em feijão-caupi, de portes e hábitos de crescimento diferenciados, determinou incremento no rendimento de grãos para a maioria das cultivares (TÁVORA et al., 2000).

OLIVEIRA (2013), avaliando a cultivar de feijão-caupi de porte ereto, BRS Itaim, observou que o aumento na densidade de plantio determinou incremento na produtividade de grãos (PG) até o limite máximo 241.000 plantas ha⁻¹, a partir desse houve reduções nos valores de PG e que os valores máximos de PCG (22,72 g) e COMPV (18,70 cm) foram obtidos com densidade de plantas de 300.000 plantas ha⁻¹ e 223.000 plantas ha⁻¹, respectivamente. A constatação de redução de produtividade de grãos com a elevação de uma densidade inferior à observada pelo autor pode estar associada à variedade e a ocorrência de um intenso sombreamento, resultado do elevado crescimento vegetativo.

SANTOS et al. (2013), avaliando a cultivar de feijão-caupi BRS Marataoã, sob o efeito de diferentes densidade de plantas observou que a maior massa de cem grãos (18,13 g) foi alcançada na densidade de plantas (130 mil plantas ha⁻¹). Este fato se deve, possivelmente, a maior competição interespecífica por água, luz e nutrientes nas maiores população que inibiram o ganho de peso dos grãos. Segundo o mesmo autor, o aumento das densidades de plantas de feijão-caupi reduz linearmente o número de vagens por planta, a produção de grãos por planta e a relação grãos/vagem e aumenta de forma quadrática a produtividade de vagens e produtividade de grãos por hectare.

Bezerra et al. (2008), com o objetivo de avaliar os efeitos de diferentes densidades populacionais (105, 3x105 e 5x105 plantas ha⁻¹) sobre as características morfológicas e de produção em genótipos modernos de feijão-caupi de porte ereto e hábito de crescimento determinado, obteve a maior

produtividade de grãos (1.836 kg ha^{-1}) com uma população aproximada de $300.000 \text{ plantas ha}^{-1}$. Na população de $300.000 \text{ plantas ha}^{-1}$ houve uma competição em tempo e níveis favoráveis, ocorrendo uma interação cooperativa, que favoreceu a maior produtividade de grãos.

VILARINHO et al. (2013), estudando as cultivares BRS Aracê, BRS Pajeu, e BRS Xiquexique de porte semiprostrado, observou que o comportamento produtivo das mesmas não foi influenciado pelas densidades de plantio, não sendo possível definir densidades ótimas de plantio para as mesmas.

3. REFERÊNCIAS

- ANDRADE JÚNIOR, A. S. de; RODRIGUES, B. H. N.; FRIZZONE, J. A.; CARDOSO, M. J.; BASTOS, E. A.; MELO, F. de B. Níveis de irrigação na cultura do feijão caupi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.6, n.1, p.17-20, 2002.
- BENINCASSA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas (noções básicas)**. 2. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2003, 41p.
- 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 de porte semi-prostrado em cultivo de sequeiro e irrigado. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v. 1, n. 1 p. 23-28, 2010.
- BEZERRA, A.A. de C. **Variabilidade e diversidade genética em feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) precoce, de crescimento determinado e porte ereto e semi-ereto**.1997. 105f. Dissertação (Mestrado)- Universidade Federal do Pernambuco, Recife.
- BEZERRA, A. A. de C.; ANUNCIÇÃO FILHO, C.J. da; FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q. Inter-relação entre caracteres de caupi de porte ereto e crescimento determinado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 1, p. 137-142, 2001.
- BEZERRA, A.A. de C. **Efeitos de arranjos populacionais na morfologia e produtividade de feijao-caupi de crescimento determinado e porte ereto**. 2005. 123p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- 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**, v. 8, p. 85-93, 2008.
- BEZERRA, A. A. de C.; TÁVORA, F. J. F.; FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q. Características de dossel e de rendimento em feijão-caupi ereto em diferentes densidades populacionais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 10, p. 1239-1245, out. 2009.

BEZERRA, A. A. de C.; NEVES, A. C. das; GUIMARÃES, A. R. C.; SILVA JÚNIOR, V. da; PESSOA, E. de F. Morfologia e produção de feijão-caupi, Cv. BRS Novaera, sob diferentes densidades de plantio. In: Congresso Nacional de Feijão-Caupi, 3., 2013, Recife. **Resumos...** Recife: IPA, 2013.

CARDOSO, M. J.; MELO, F. de B.; FREIRE FILHO, F. R.; FROTA, A. B. Densidades de plantas de caupi de porte enramador e moita em regime de sequeiro. In: SEMINARIO DE PESQUISA AGROPECUARIA DO PIAUI, 8. 1994, Teresina. **Pesquisa e desenvolvimento para o Meio-Norte** - anais. Teresina: EMBRAPA Meio-Norte, 1997. p. 156-162. (EMBRAPA-CPAMN. Documentos, 16).

CARDOSO, M. J. MELO, F. de B., LIMA, M. G. de. Ecofisiologia e manejo de plantio. In: FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. de A.; RIBEIRO, V. Q. (Ed.). **Feijão-caupi: avanços tecnológicos**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005, p. 212-228.

CARDOSO, M. J.; RIBEIRO, V. Q. Desempenho agrônômico do feijão-caupi, cv. Rouxinol, em função de espaçamento entre linhas e densidade de plantas sob regime de sequeiro. **Revista Ciência Agrônômica**, v.37, p.102-105, 2006.

CARDOSO, M. J.; RIBEIRO, V. Q.; BASTOS, E. A. Densidade de plantas de e eficiência de uso da água em cultivares comerciais de feijão-caupi em ambiente do centro norte. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 3., 2013, Recife. **Resumos...** Recife: IPA, 2013.

CASAROLI, D.; FAGAN, E. B.; SIMON, J.; MEDEIROS, S. P.; MANFRON, P. A.; DOURADO NETO, D.; LIER, Q. J. V.; MULLER, L.; MARTIN, T. N. Radiação solar e aspectos fisiológicos na cultura da soja - uma revisão. **Revista da FZVA. Uruguaiana**, v. 14, n. 2, p. 102-120, 2007.

CECCON, G.; SANTOS, A. dos; SILVA; J. F. da; COSTA, A. de A.; PADILHA, N. de S. Produtividade de feijão-caupi em populações de plantas. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 3., 2013, Recife. **Resumos...** Recife: IPA, 2013.

EMBRAPA MEIO-NORTE. **Sistemas de Produção**. 2003. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/FeijaoCaupi/plantio.htm>>. Acesso em: 12 jan. 2014.

ENGEL, V. L.; POGGIANI, F. Estudo da concentração de clorofila nas folhas e seu espectro de absorção de luz em função do sombreamento em mudas de quatro espécies florestais nativas. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Londrina, v. 3, n. 1, p. 39-45, 1991.

EZEDINMA, F.C.O. Effects of close spacing on cowpea (*Vigna unguiculata*) in Southern Nigéria. **Experimental Agriculture**, London, v.10, n.4, p.289-298, 1974.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). Base de dados Faostat. Disponível em: <<http://faostat.fao.org>>. Acesso em: 22 mar. 2014.

FREIRE FILHO, F.R.; RIBEIRO, V.Q.; ALCÂNTARA, J. dos P.; BELARMINO FILHO, J.; ROCHA, M. de M. BRS Marataoã: nova cultivar de feijão-caupi com grão tipo sempre-verde. **Revista Ceres**, v.52, p.771-777, 2005 a.

FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. A.; RIBEIRO, V. Q. **Feijão-caupi**: Avanços tecnológicos. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005 b. 519 p.

FREIRE FILHO, F. R.; ROCHA, M. M.; RIBEIRO, V. Q.; LOPES, A. C. de A. Adaptabilidade e estabilidade produtiva de feijão-caupi. **Ciência Rural**, v.35, n.1, p. 24-30, 2005c.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; ROCHA, M. de M.; SILVA, K. J. D. e; NOGUEIRA, M. do S. da R.; RODRIGUES, E. V. **Feijão-caupi no Brasil**: produção, melhoramento genético, avanços e desafios. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2011. 84p.

FREITAS, R. M. O. de. **Crescimento e produção de feijão-caupi sob efeito de veranico nos sistemas de plantio direto e convencional**. / Rômulo Magno Oliveira de Freitas. -- Mossoró, 2012. 83 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró.

LEE, D. W. Simulating forest shade to study the development ecology of tropical plants: Juvenile growth in three vines in India. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 4: p.281-92, 1988.

MACHADO, C. de F.; TEIXEIRA, N. J. P.; FREIRE FILHO, F. R.; ROCHA, M de 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, v. 39, n. 1, p. 114-123, 2008.

MATOS FILHO, C. H. A. **Análise genética de caracteres relacionados à arquitetura de planta em feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.)**. 2006. 57 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Piauí, Teresina.

MATOSO, A. de O.; SORATTO, R. P.; ABRAHÃO, R. C.; TIRABASSI, L. H.; ROCHA, M. de M. Avaliação de genótipos de feijão-caupi de porte ereto e semiereto na safrinha em Botucatu-SP. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 3., 2013, Recife. **Resumos...** Recife: IPA, 2013.

MENDES, R.M. de S.; TÁVORA, F.J.A.F.; PINHO, J.L.N. de; PITOMBEIRA, J.B. Alterações na relação fonte-dreno em feijão-de-corda submetido a diferentes densidades de plantas. **Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.36, n.1, p.82-90, 2005.

PEREIRA, A. R.; MACHADO, E. C. **Análise quantitativa do crescimento de comunidades vegetais**. Campinas, SP: Instituto Agronômico. 1987. 33p. (IAC Boletim técnico nº 114).

OLIVEIRA, S. R. M. de. **Densidade populacional do feijão-caupi sob níveis de irrigação**. / Simone Raquel Mendes de Oliveira -- Fortaleza, 2013. 103 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

PHOGAT, B. S.; SINGH, D. P.; SINGH, P. Responses of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) and mung bean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) to irrigation. II. Effects on CO₂ exchange, radiation characteristics and growth. **Irrigation Science**, New York, v. 5, n. 1, p. 61-72, 1984.

PINHO, J. L. N. de; GONÇALVES, J. A.; TÁVORA, F. J. A. F.; MELO, F. I. O.; FREIRE FILHO, F. R. F. Condutância estomática em cultivares de caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] submetidas ao estresse hídrico, em dois estádios de desenvolvimento. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FISILOGIA VEGETAL, VIII, 2001. **Resumos...** Ilhéus: Sociedade Brasileira de Fisiologia Vegetal, 2001. 295p. p. 19.

- ROCHA, M. M. O **feijão-caupi para consumo na forma de grãos frescos**. 2009. Agrosoft Brasil. Disponível em: <http://www.agrosoft.org.br/agropag/212374.htm>. Acesso em: 14 jan. 2014.
- ROCHA, M. M.; SILVA, K.J.D e.; FREIRE FEILHO, F.R.; RIBEIRO, V.Q.; COSTA, A.F. da.; CARVALHO, H.W.L. de.; PINHO, J.L.N. de.; LIMA, J.M.P. de.; NETO, J.B.; ALCÂNTA, J. dos P.; SABOYA, R.C.C. Adaptabilidade e estabilidade produtiva de genótipos de feijão-caupi de portes ereto e semiereto na região nordeste do Brasil. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 3., 2013, Recife. **Resumos...** Recife: IPA, 2013.
- SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológicos e fisiológicos das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 2, n. 2, p.287-294, 1998.
- SANTOS, C. A. F.; ARAUJO, F. P.; MENEZES, E. A. Comportamento produtivo de caupi em regimes irrigado e de sequeiro em Petrolina e Juazeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.11, p. 2229-2234, 2000.
- SANTOS, J. F. dos; Resposta do feijão-caupi a diferentes densidades de plantas em Neossolo 1 Regolítico no Agreste Paraibano. **Tecnologia e Ciência Agropecuária**, João Pessoa. v.7. n.4, p. 37-41, 2013.
- SILVA, A.C. **Características agronômicas e qualidade de sementes de feijão-caupi em Vitória da Conquista, Bahia**. Vitória da Conquista – BA: UESB, 2011. 87f. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual do Sudoeste Baiano, Vitória da Conquista.
- SUBBARAO, G.V.; JOHANSEN, A.C.; SLINKARD, R.C.; RAO, N.; SAXENA, N.P.; CHAUHAN, Y.S. Strategies for improving drought resistance in grain legumes. **Critical Reviews in Plant Sciences**, Boca Raton, v.14, p.469-523, 1995.
- TÁVORA, F. J. A. F.; CARVALHO, W. P.; PINHO, J. L. N. de; PITOMBEIRA, J. B. Densidade de plantio na cultura do feijão-de-corda irrigada. II. Componentes de produção e rendimento de grãos. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.31, p.20-26, 2000.

VILARINHO, A. A.; PEDROZO, C. A.; SILVA, N. M. da; CARDOSO, M. J.; BASTOS, E. A. Densidade de plantio em cultivares de feijão-caupi de porte semiprostrado. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 3., 2013, Recife. **Resumos...** Recife: IPA, 2013.

WANDER, A. E. Produção e participação brasileira no mercado internacional de feijão-caupi. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 3., 2013, Recife. **Resumos...** Recife: IPA, 2013.

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**, v.40, p.353-359, 2005.

CAPÍTULO I – Comportamento morfológico de cultivares de feijão-caupi de porte semiereto, submetidas a diferentes densidades de plantas.

RESUMO

Objetivando estudar o comportamento morfológico de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiereto, submetidas a diferentes densidades de plantas, foi realizado um experimento, no campo experimental da Embrapa Meio-Norte, em Teresina-PI, no período de maio a agosto de 2013. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, em arranjo fatorial composto por quatro cultivares (BRS Guariba, BRS Novaera, BRS Potengi e BRS Tumucumaque) e cinco densidades de plantas (10^4 , 2×10^4 , 3×10^4 , 4×10^4 e 5×10^4 plantas ha^{-1}), com quatro repetições. Foram avaliados os caracteres comprimento do hipocótilo, número de nós no ramo principal, comprimento do ramo principal e número de ramos laterais. A densidade de plantas não influenciou as cultivares para os caracteres morfológicos avaliados. Na média das cultivares, aumento na densidade populacional reduziu o número de nós no ramo principal e o número de ramos laterais. Na média das cultivares, o comprimento do ramo principal apresentou efeito quadrático, atingindo o máximo na densidade populacional de 3×10^5 , enquanto o comprimento do hipocótilo não foi afetado pelas densidades de plantas avaliadas.

Palavras-chave: *Vigna unguiculata*, morfologia, população de plantas.

CHAPTER I - Morphological behavior of semi erect size cowpea cultivars plant under different population densities

ABSTRACT

An experiment was conducted in the experimental area of Embrapa Meio-Norte, in Teresina-PI, in the period May to August 2013, in order to study morphological behavior of four semi erect sized cultivars of cowpea, under different plant populations. The statistical design was a randomized block in a factorial arrangement consisting of four cultivars (BRS Guariba, BRS Novaera, BRS Potengi, and BRS Tumucumaque) and five densities (10^4 , 2×10^4 , 3×10^4 , 4×10^4 , and 5×10^4 plants ha^{-1}), with four replications. The hypocotyl length string (CH), number of nodes on the main branch (NNRP), main branch length (CRP), and number of lateral branches (NRL) were evaluated. Population density did not influence the morphological characters evaluated. The increase in population density caused reductions in the number of nodes in the main branch and the number of lateral branches. The main branch length showed a quadratic effect, the highest value was observed in the population density of 3×10^5 . The hypocotyl length was not affected in the evaluated population densities.

Keywords: *Vigna unguiculata*, morphology, plant populations..

1. INTRODUÇÃO

O feijão-caupi, feijão-de-corda ou feijão-fradinho é uma leguminosa bastante cultivada nos trópicos semiáridos da África e Américas. No Brasil, a cultura tem grande importância nas regiões Norte e Nordeste, que têm tradição em seu cultivo, comércio e consumo. Apresenta crescente avanço na região Centro-Oeste, onde o cultivo tem sido conduzido de forma mecanizada, e é crescente a demanda por cultivares de porte ereto (ROCHA, 2009).

A cultura do feijão-caupi explorada tradicionalmente por pequenos produtores em cultivo de sequeiro e com baixo nível tecnológico, tem sido pesquisada mais intensamente nas últimas décadas e apresentado melhorias técnicas e econômicas dos sistemas de produção que, juntamente com outros fatores, tem contribuído para o aumento progressivo da participação de empresários de médio e grande porte na produção e comercialização do feijão-caupi. (BEZERRA et al., 2008).

A tendência atual é o incremento do uso de alta tecnologia na cultura do feijão-caupi, com a mecanização de todas as etapas do cultivo. Desse modo, além da produtividade e da qualidade, é imprescindível o melhoramento das características relacionadas à arquitetura da planta, com vistas à obtenção de plantas eretas que possibilitem a colheita mecanizada (MATOS FILHO et al., 2009).

Dentre as atividades de manejo, os diferentes arranjos espaciais, resultantes da combinação de espaçamento entre fileiras e do número de plantas por área, têm sido frequentemente discutidos como uma forma de maximizar o rendimento de grãos através da otimização do uso dos fatores de produção como água, luz e nutrientes, assim como, pela influência direta em várias características morfológicas, fisiológicas e produtivas da planta (CARDOSO et al., 2013).

Este trabalho teve por objetivo estudar o comportamento morfológico de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiereto, submetidas a diferentes densidades de plantas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no campo experimental da Embrapa Meio-Norte, em Teresina-PI, localizado a 05° 02' 17" S, 42° 47' 83" W e a 85 metros de altitude.

Foi coletada uma amostra de solo, na camada de 0 – 20 cm, para análise química do solo. A análise foi realizada no laboratório da Embrapa Meio-Norte, cujos resultados estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Resultado da análise química do solo, da área experimental, para macronutrientes, na camada de 0 – 20 cm. Teresina, PI. 2014.

pH	M.O.	N	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	CTC
(CaCl ₂)	(dag kg ⁻¹)	(mg dcm ⁻³)	(mg dcm ⁻³)			(cmlo _c dm ⁻³)			
5,91	0,924	0,05	12,63	0,3	2,62	0,65	0,02	2,06	5,64

O solo da área é classificado como ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico (SANTOS et al., 2013). Este foi preparado para plantio com a realização de duas gradagens aradoras e uma niveladora, com o objetivo de destorroar e nivelar o solo para facilitar a operação de plantio.

A área foi irrigada, antes da semeadura, por um período de duas horas, com aspersores com lâmina aplicada de 6 mm/hora. As irrigações subsequentes, tiveram duração de 1 hora com turno de rega de 3 dias.

O ensaio foi instalado no dia 29 de maio de 2013, utilizando-se as cultivares apresentadas na Tabela 2, as quais foram submetidas a cinco densidades populacionais (10^5 , 2×10^5 , 3×10^5 , 4×10^5 e 5×10^5). Utilizou-se o delineamento estatístico blocos ao acaso, no esquema arranjo fatorial, com quatro repetições.

A parcela experimental foi constituída de cinco fileiras com cinco metros de comprimento, espaçadas entre si de 0,50 m, com área total de 12,5 m².

Considerou-se uma fileira para realização de medição de área foliar e matéria seca (análise destrutiva), e as duas fileiras centrais para as demais leituras e medidas, com área útil de 5 m².

Tabela 2 - Principais características das cultivares de feijão-caupi avaliadas. Teresina, PI, 2014.

Cultivar	Classe Comercial	Cor do tegumento do grão	Ciclo de maturação (dias)	Porte da planta	Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)
BRS Guariba	Branco	Branca	65-70	semiereto	1.475
BRS Potengi	Branco	Branca	70-75	semiereto	922
BRS Novaera	Branco	Branca	65-70	semiereto	1.074
BRS Tumucumaque	Branco	Branca	65-70	semiereto	1.098

Todas as medições foram realizadas em quatro plantas por parcela, tomadas ao acaso, calculando-se a média das mesmas para efeito de análise.

A semeadura foi manual, em covas, utilizando-se barbantes marcados com as distâncias entre covas, de acordo com cada população de plantas. Em cada cova, foram distribuídas duas sementes, deixando-se, após o desbaste, uma planta em cada cova, obtendo-se o estande desejado.

O controle de plantas invasoras foi realizado mediante a aplicação, em pré-emergência, do herbicida S-Metolacoloro (960 g l⁻¹), na dosagem de 1,25 litros do produto comercial por hectare. Este tratamento foi suficiente para o controle por todo o ciclo.

O controle de insetos-pragas de maior ocorrência na cultura feijão-caupi foi realizado mediante a aplicação dos inseticidas a seguir descritos: Thiamethoxam (250 g kg⁻¹), na dosagem de 150 gramas do produto comercial por hectare para o controle de mosca branca (*Bemisia tabaci* raça B), tripes (*Frankliniella schultzei*), cigarrinha verde (*Empoasca kraemeri*); Dimetoato (400 g L⁻¹), na dosagem de 600 ml do produto comercial por hectare para o controle de pulgão do algodoeiro (*Aphis gossypii*). Estes produtos foram aplicados concomitantemente e de acordo com a intensificação dos ataques, durante o ciclo, até o completo enchimento de grãos.

Caracteres avaliados:

- a) Comprimento do hipocótilo (CH) – distância medida em centímetros, entre a primeira radícula e o nó cotiledonar, realizada com a utilização de régua, graduada em centímetros.

- b) Número de nós do ramo principal (NNRP) – número de inserções das folhas unifolioladas até a inserção do último folíolo do ramo principal.
- c) Comprimento do Ramo Principal (CRP) – distância medida em centímetros, do colo da planta ao ápice do ramo principal, realizada com a utilização de régua graduada em centímetros.
- d) Número de ramos laterais (NRL) – corresponde ao total de ramos inseridos diretamente no ramo principal.

Foram realizadas análises de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Para o fator população de plantas por hectare, fez-se análise de regressão, testando-se os modelos linear e quadrático. Os dados de NRL foram transformados para $(x+0,5)^{1/2}$.

As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o software ASSISTAT Assistência Estatística (SILVA; AZEVEDO, 2009).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resumo das análises de variância para os caracteres morfológicos em quatro cultivares de feijão-caupi, submetidas a diferentes densidades de plantas são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Resumo das análises de variância para comprimento do hipocótilo (CH), número de nós do ramo principal (NNRP), comprimento do ramo principal (CRP) e número de ramos laterais (NRL) de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiereto, submetidas a cinco densidades de plantas. Teresina, PI, 2014.

Fontes de Variação	Quadrados Médios			
	CH (cm)	NNRP	CRP (cm)	NRL
Blocos	1,14 ^{**}	23,64 ^{**}	2872,93 ^{**}	0,54 ^{**}
Cultivares (C)	1,78 ^{**}	2,39 ^{ns}	3812,84 ^{**}	1,17 ^{**}
Populações (P)	0,20 [~]	4,05 [~]	206,04 [~]	3,07 [~]
CxP	0,13 ^{ns}	0,88 ^{ns}	87,73 ^{ns}	0,09 ^{ns}
Resíduo	0,25	1,06	112,01	0,08
Média geral	2,94	10,71	55,74	0,85
C.V. (%)	16,93	9,60	18,99	33,31

^{ns}, ^{**} não significativo e significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F, respectivamente

[~] Os tratamentos são quantitativos, o teste F não se aplica.

A análise de variância mostrou significância estatística ($p < 0,01$) pelo teste F entre os níveis do fator cultivares para CH, CRP e NRL indicando assim, que as cultivares diferem significativamente em relação a estas variáveis. A não significância para o NNRP demonstra uma homogeneidade das cultivares para esse caráter.

A interação entre as cultivares e as densidades de plantas não apresentou significância estatística, para os caracteres morfológicos avaliados, desta forma as densidades de plantas não influenciaram as cultivares nos aspectos avaliados neste trabalho (Tabela 3).

3.1 Comprimento do hipocótilo (CH)

A comparação de médias do CH não identificou diferença significativa entre as cultivares, dentro dos cinco níveis de densidades de plantas (Tabela 4).

Tabela 4. Valores médios para o comprimento do hipocótilo, em cm, de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiereto, submetidas a cinco densidades de plantas. Teresina, PI, 2014.

Cultivar	Densidade de plantas (plantas ha ⁻¹)				
	10 ⁵	2x10 ⁵	3x10 ⁵	4x10 ⁵	5x10 ⁵
BRS Guariba	2,82	2,89	2,74	2,95	2,94
BRS Novaera	2,26	2,74	2,85	2,50	2,80
BRS Potengi	2,78	2,62	3,15	2,88	3,16
BRS Tumucumaque	3,16	3,58	3,35	3,42	3,23
Média geral	2,75	2,96	3,03	2,94	3,03

A análise de regressão não identificou significância estatística ($p < 0,05$), na média das cultivares.

Mesmo não havendo significância estatística ($p < 0,05$), pode-se observar aumento de 10,1%, no intervalo de 10⁵ a 3x10⁵, decréscimo de 2,9%, entre 3x10⁵ e 4x10⁵ e aumento de 3,0% entre 4x10⁵ e 5x10⁵ plantas ha⁻¹.

O CH, conjuntamente com outros caracteres como comprimento do ramo principal e número de ramos laterais, compõem a arquitetura da planta, influenciando no acamamento de plantas. Assim, o comportamento deste caráter tem importância na formação da arquitetura da planta e, conseqüentemente, no acamamento, tornando-a, mais ou menos susceptível ao tombamento.

3.2 Número de nós no ramo principal (NNRP)

Não foi identificada significância ($p < 0,05$) pelo teste F para o NNRP, entre cultivares, não sendo cabível aplicação de testes de médias para esse caráter (Tabela 5).

Tabela 5. Valores médios para o número de nós do ramo principal de quatro cultivares de feijão-caupi, de porte semiereto, submetidas a cinco densidades de plantas. Teresina, PI, 2014.

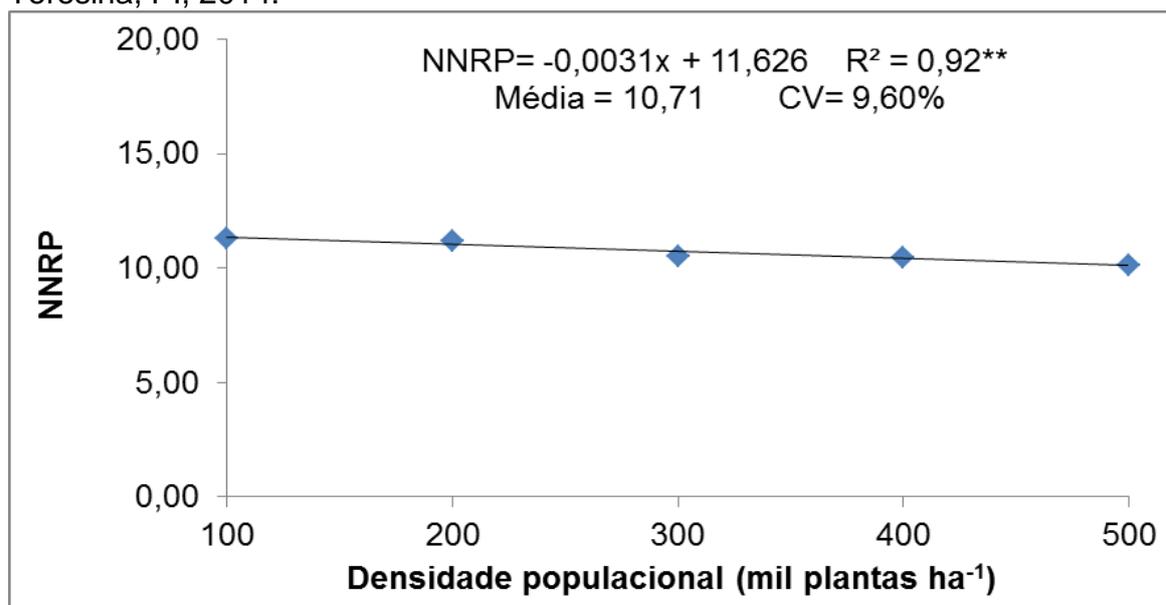
Cultivar	Densidade de plantas (plantas ha ⁻¹)				
	10 ⁵	2x10 ⁵	3x10 ⁵	4x10 ⁵	5x10 ⁵
BRS Guariba	11,55	11,70	11,05	11,45	10,00
BRS Potengi	11,10	10,00	10,10	10,40	10,05
BRS Novaera	11,05	12,00	10,45	10,05	10,35
BRS Tumucumaque	11,40	11,05	10,45	10,00	10,00
Média geral	11,27	11,19	10,51	10,47	10,10

A análise de regressão mostrou efeitos lineares para o NNRP na média das cultivares, indicando tendência de decréscimo com o aumento da densidade de plantas (Figura 1). Quando comparadas as densidades populacionais 10^5 e 5×10^5 plantas ha^{-1} , a redução no NNRP foi de 10,4%. Santos e Araújo (2000), estudando três genótipos de feijão-caupi de diferentes portes de plantas, obtiveram resultados diferentes do presente trabalho, sendo que os mesmos apresentaram tendência não-significativa em reduzir o número de nós no ramo principal.

Já Bezerra et. al (2008), estudando linhagens modernas de feijão-caupi encontraram resultados semelhantes aos verificados neste trabalho, onde o NNRP diminui com o aumento da densidade de plantas.

Segundo Bezerra (2005), avaliando linhagens de porte ereto de feijão-caupi, o NNRP está diretamente relacionado com o desenvolvimento de gemas reprodutivas, tendo uma grande importância nos plantios adensados, onde praticamente toda a produção de vagens ocorre no ramo principal, em face da grande redução imposta no NRL.

Figura 1- Variação do número de nós no ramo principal (NNRP) de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiereto, em função da densidade de plantas. Teresina, PI, 2014.



3.3 Comprimento do ramo principal (CRP)

Houve diferenças significativas ($p < 0,05$) entre todas as cultivares para o CRP. A cultivar BRS Guariba apresentou a maior média (70,89 cm) enquanto a cultivar BRS Potengi, a menor média com 38,82 cm (Tabela 6).

Tabela 6. Valores médios para o comprimento do ramo principal, em cm, de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiereto, submetidas a cinco densidades de plantas. Teresina, PI, 2014.

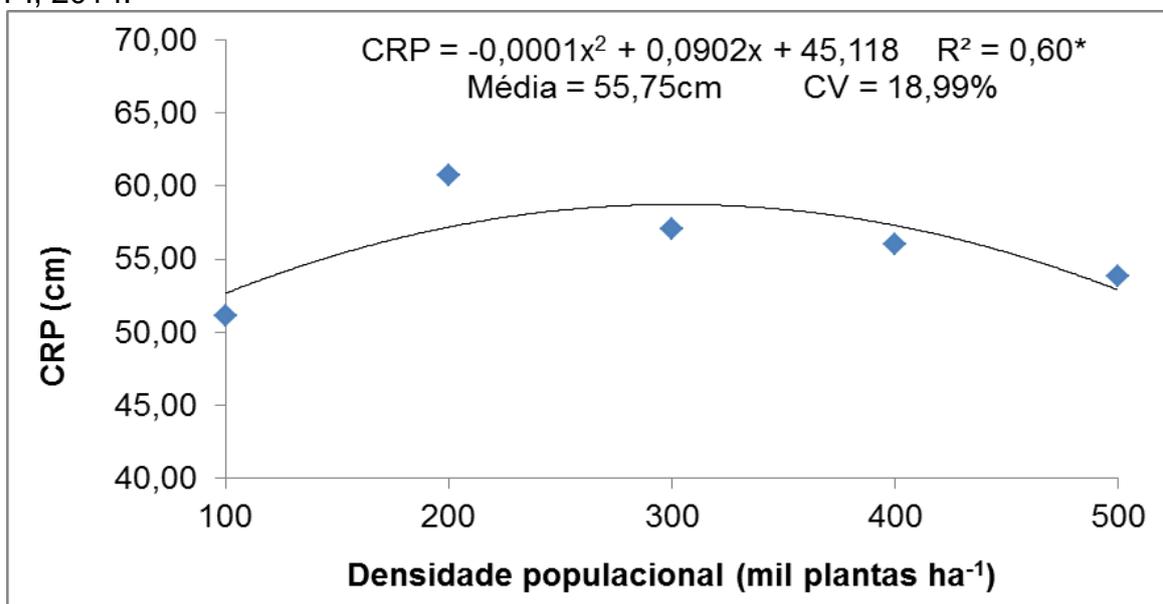
Cultivar	Densidade populacional (plantas ha ⁻¹)					Médias
	10 ⁵	2x10 ⁵	3x10 ⁵	4x10 ⁵	5x10 ⁵	
BRS Guariba	72,45	76,05	71,40	69,85	64,70	70,89 ^a
BRS Potengi	32,05	37,65	38,45	46,70	39,25	38,82 ^d
BRS Novaera	44,20	63,00	53,30	45,60	51,00	51,42 ^c
BRS Tumucumaque	55,90	66,25	65,00	61,85	60,30	61,86 ^b
Média geral	51,15	60,74	57,04	56,00	53,81	-
DMS=8,86						

A análise de regressão para o CRP revelou efeito quadrático, em relação à média das cultivares (Figura 2). Houve aumento de 18,7%, considerando o intervalo de 10⁵ até 3x10⁵ plantas ha⁻¹ e redução de 3,9% para o intervalo de 3x10⁵ a 5x10⁵ plantas ha⁻¹.

Bezerra et al. (2008), estudando linhagens de feijão-caupi de porte semiereto, submetidas a diferentes densidades de plantas, observaram que o CRP aumentou, no intervalo de 10⁵ a 4x10⁵ plantas ha⁻¹, porém sofreu redução no intervalo de 4x10⁵ a 5x10⁵ plantas ha⁻¹.

O CRP tem importância em cultivos onde ocorre adoção de alto nível tecnológico, pois interfere na maior ou menor suscetibilidade ao acamamento, e desta forma, facilita ou dificulta a colheita, quer seja mecanizada ou manual.

Figura 2- Variação no comprimento do ramo principal (CRP) de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiereto, em função da densidade de plantas. Teresina, PI, 2014.



3.4 Número de ramos laterais (NRL)

A comparação de médias do NRL (Tabela 7), mostrou que a cultivar BRS Potengi apresentou maior valor médio para NRL (1,77) diferindo estatisticamente das demais, as quais não diferiram significativamente entre si. Isso indica que três, das quatro cultivares avaliadas, apresentam o mesmo padrão em relação à este caráter.

Tabela 7. Valores médios para o número de ramos laterais (NRL) de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiereto, submetidas a cinco densidades de plantas. Teresina, PI, 2014.

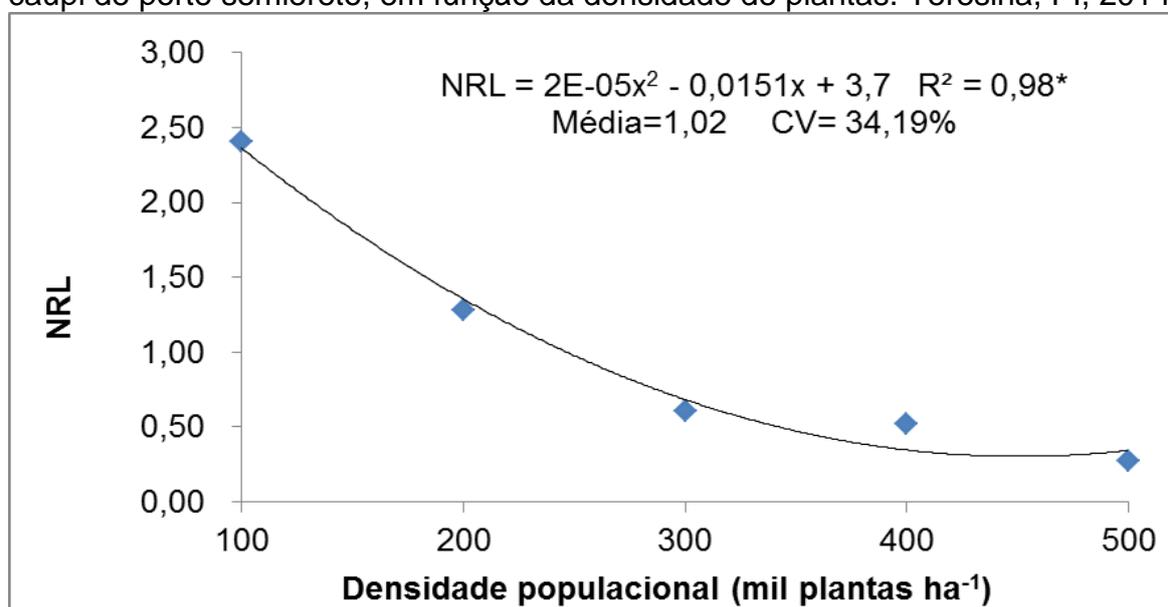
Cultivar	Densidade de plantas (plantas ha ⁻¹)					Médias
	10 ⁵	2x10 ⁵	3x10 ⁵	4x10 ⁵	5x10 ⁵	
BRS Guariba	1,75	0,80	0,35	0,40	0,30	0,72 ^b
BRS Potengi	3,85	2,40	1,35	0,95	0,30	1,77 ^a
BRS Novaera	2,40	1,25	0,40	0,45	0,30	0,96 ^b
BRS Tumucumaque	1,65	0,70	0,35	0,30	0,20	0,64 ^b
Média geral	2,41	1,28	0,61	0,52	0,27	

DMS=0,36

A análise de regressão para o NRL apresentou efeito quadrático significativo para o fator densidade de plantas, em relação à média das cultivares (Figura 3).

Houve uma redução de 74,7% no NRL quando comparadas as populações de 10^5 com 3×10^5 plantas ha^{-1} . Enquanto que para o intervalo de 3×10^5 a 5×10^5 , a redução foi de 55,7%.

Figura 3- Variação no número de ramos laterais de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiereto, em função da densidade de plantas. Teresina, PI, 2014.



Em relação à média das cultivares observou-se redução no NRL, à medida que se aumentou a densidade de plantas. Este fato influi negativamente na produção de vagens por planta, no entanto, o aumento nas densidades de plantas por hectare, especialmente em cultivo mecanizado, pode resultar em rendimento de grãos equivalentes ou superiores

O número de ramos laterais e suas características influenciam diretamente a arquitetura da planta e o potencial de rendimento de grãos, e diminui significativamente com o aumento da densidade de plantas em feijão-caupi (CECCON et al., 2013).

Bezerra et al. (2001), avaliando linhagens de feijão-caupi de porte ereto, observaram que o aumento da competição suscitado nas densidades

populacionais mais elevadas tem efeito indireto, com a redução de 84,5% no número de ramos laterais, em comparação à menor e a maior densidade de plantas.

4. CONCLUSÕES

- 1- A densidade de plantas não influenciou as cultivares para os caracteres morfológicos avaliados;
- 2- Na média das cultivares, aumento na densidade populacional reduziu o número de nós no ramo principal e o número de ramos laterais;
- 3- Na média das cultivares, o comprimento do ramo principal apresentou efeito quadrático, atingindo o máximo na densidade populacional de 3×10^5 ;
- 4- Na média das cultivares, o comprimento do hipocótilo não foi afetado pelas densidades de plantas avaliadas.

5. REFERÊNCIAS

- BEZERRA, A. A. C.; ANUNCIÇÃO FILHO, C.J.; FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q. Inter-relação entre caracteres de caupi de porte ereto e crescimento determinado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 1, p. 137-142, 2001.
- BEZERRA, A. A. C. **Efeitos de arranjos populacionais na morfologia e produtividade de feijão-caupi de crescimento determinado e porte ereto**. 2005. 123. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- 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**, v.8, p.85-93, 2008.
- CARDOSO, M. J.; RIBEIRO, V. Q.; MELO, F. B. Performance da densidade de plantas em cultivares comerciais de feijão-caupi nos cerrados do leste maranhense. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 3., **Resumos...** Recife: IPA, 2013.
- CECCON, G.; SANTOS, A.; SILVA, J. F. da; COSTA, A. A.; PADILHA, N.S. Produtividade de feijão-caupi em populações de plantas. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 3., 2013, Recife. **Resumos...** Recife: IPA, 2013.
- MATOS FILHO, C. H. A.; GOMES, R. L. F.; ROCHA, M. M.; FREIRE FILHO, F. R.; LOPES, A. C.A. Potencial produtivo de progênies de feijão-caupi com arquitetura ereta de planta. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 2, p. 348-354, 2009.
- ROCHA, M. M. **O feijão-caupi para consumo na forma de grãos frescos**. 2009. Agrosoft Brasil. Disponível em: <http://www.agrosoft.org.br/agropag/212374.htm>. Acesso em: 14 jan. 2014.
- SANTOS, C. A. F.; ARAUJO, F. P.; MENEZES, E. A. Comportamento produtivo de caupi em regimes irrigado e de sequeiro em Petrolina e Juazeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.11, p. 2229-2234, 2000.

SANTOS, H.G.; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C.; OLIVEIRA, V.A.; LUMBRERAS, J.F.; COELHO, M.R.; ALMEIDA, J. A.; CUNHA, T.J.F.; OLIVEIRA, J.B. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Brasília-DF: Embrapa, 2013. 353p.

SILVA, F.A. S.; AZEVEDO, C. A. V. **Principal Components Analysis in the Software Assistat-Statical Attendance**. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURA, 7, Reno-NV-USA: America Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009.

CAPÍTULO II – Comportamento fisiológico de cultivares de feijão-caupi de porte semiereto, submetidas a diferentes densidades de plantas

RESUMO

Com o objetivo de estudar o comportamento fisiológico de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiereto, submetidas a diferentes densidades de plantas, foi realizado um experimento, no campo experimental da Embrapa Meio-Norte, em Teresina-PI, no período de maio a agosto de 2013. O delineamento estatístico utilizado foi em blocos ao acaso, em arranjo fatorial composto por quatro cultivares (BRS Guariba, BRS Novaera, BRS Potengi e BRS Tumucumaque) e cinco densidades populacionais (10^4 , 2×10^4 , 3×10^4 , 4×10^4 e 5×10^4 plantas ha^{-1}), com quatro repetições. Foram avaliados os caracteres índice de área foliar aos 28 dias após a emergência, interceptação luminosa aos 39, 53 e 60 dias após a emergência, teor de clorofila aos 30 dias e 45 dias após a emergência, fotossíntese aos 30 e 45 dias após a emergência, índice de biomassa foliar aos 28 e 44 dias após a emergência, matéria seca da parte aérea aos 28 dias após a emergência, taxa de crescimento da cultura e taxa de assimilação líquida da cultura. A densidade de plantas não influenciou as cultivares para os caracteres fisiológicos avaliados. Na média das cultivares, o aumento na densidade populacional provocou redução na interceptação luminosa aos 39 dias após a emergência, no índice de biomassa foliar aos 28 e aos 44 dias após a emergência, na taxa de assimilação líquida e na taxa de crescimento da cultura, enquanto os caracteres interceptação luminosa aos 53 e aos 60 dias após a emergência, o teor de clorofila aos 30 e aos 45 dias após a emergência, a fotossíntese aos 30 e aos 45 dias após a emergência não foram afetados com o aumento na densidade de plantas.

Palavras-chave: *Vigna unguiculata*, fisiologia, área foliar.

CHAPTER II - Physiological behavior of semi erect size cowpea cultivars plant under different population densities

ABSTRACT

An experiment was conducted in the experimental area of Embrapa Meio-Norte, in Teresina-PI, in the period May to August 2013, in order to study physiological behavior of four semi erect sized cultivars of cowpea, under different plant populations. The statistical design was a randomized block in a factorial arrangement consisting of four cultivars (BRS Guariba, BRS Novaera, BRS Potengi, and BRS Tumucumaque) and five densities (10^4 , 2×10^4 , 3×10^4 , 4×10^4 , and 5×10^4 plants ha^{-1}), with four replications. The characters evaluated were leaf area index at 28 days after emergence (IAF28DAE), light interception at the 39, 53 and 60 days after emergence (IL39DAE, IL53DAE, and IL60DAE), chlorophyll content at 30 days and 45 days after emergence (TC30DAE and TC45DAE), photosynthesis at 30 and 45 days after emergence (FT30DAE and FT45DAE), the leaf biomass at 28 and 44 days after emergence (IBF28DAE and IBF44DAE), dry weight of shoots at 28 days after emergence (MSPA28DAE), crop growth rate (TCC) and net assimilation rate of the culture (TAL). Population density did not affect the assessed physiological characters. The increase in population density causes reductions in light interception to 39 days after emergence, the rate of leaf biomass at 28 and at 44 days after emergence, the net assimilation rate and growth rate of the culture. The characters intercept light at 53 and 60 days after emergence, chlorophyll content at 30 and 45 days after emergence, photosynthesis at 30 and 45 days after emergence were not affected with the increase in population density.

Keywords: *Vigna unguiculata*, physiology, leaf area, biomass.

1. INTRODUÇÃO

O feijão-caupi, também conhecido como feijão macassar, feijão-de-corda, tem grande importância como alimento básico, principalmente para as populações das regiões Norte e Nordeste do Brasil, além de países africanos e asiáticos (BORGES et al., 2012).

De acordo com Faria (1980), estudando feijão-comum, em solos férteis e condições climáticas favoráveis, as plantas desenvolvem grande área foliar e aumentam a capacidade de compensação, sendo recomendada densidade populacional mais baixa. Com limitações de solo, água ou temperatura, as plantas desenvolvem-se menos, mas a densidade populacional não deve ser muito alta, devido à pressão de competição e maior evapotranspiração.

Para Bastos et al., (2002), a análise quantitativa de crescimento constitui uma importante ferramenta, pois permite a determinação de vários índices fisiológicos, como o índice de área foliar e a taxa de crescimento da cultura, dentre outros. Tais índices podem ser comparados na tentativa de explicar as diferenças na produção econômica de diferentes cultivares ou de uma mesma cultivar submetida a diferentes tratamentos (MACHADO et al., 1982).

Vários índices morfofisiológicos têm sido utilizados para analisar as diferenças de crescimento entre indivíduos de comunidades vegetais, dentre os quais, os mais utilizados são o índice de área foliar, a taxa de crescimento da cultura e a taxa de assimilação líquida. (HUNT et al., 2002).

Assim, a produção de uma planta é resultante de inúmeros processos fisiológicos que, embora sejam acentuadamente integrados, apresentam considerável individualidade nas interações com o meio ambiente (LEITE; VIRGENS FILHO, 2004).

Este trabalho teve por objetivo estudar o comportamento fisiológico de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiereto, submetidas a diferentes densidades de plantas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Conforme CAPÍTULO I

Caracteres avaliados:

- a) Índice de área foliar aos 28 dias após a emergência (IAF28DAE) – relação entre a medida da área foliar média de quatro plantas, tomadas ao acaso na parcela, e a área ocupada pela planta, ambas em cm^2 . A área foliar foi obtida pela leitura acumulada das folhas de quatro plantas, em aparelho LI – 3100 AREA METER;
- b) Interceptação luminosa aos 39, 53 e 60 dias após a emergência (IL39DAE, IL53DAE e IL60DAE) – leitura direta de luminosidade, em Lux, com auxílio do aparelho Luxímetro Digital, LDR- 225. As leituras foram realizadas entre 11 e 13 horas. Ao início de cada bloco ou alteração da situação de nebulosidade, realizou-se uma leitura no topo do dossel (I_0). Foram realizadas quatro leituras (I) a 25cm do caule, por parcela, tomadas ao acaso. Para efeito de análise, considerou-se a média das leituras em cada parcela, sendo as mesmas transformadas em %, de acordo com a seguinte equação, descrita por Andrade et al. (2005):
$$IL = 100 * (I_0 - I) / I_0$$
onde: IL= interceptação de luz (%); I_0 = interceptação no topo do dossel e I = interceptação ao nível do solo;
- c) Teor de clorofila aos 30 dias e 45 dias após a emergência (TC30DAE e TC45DAE) - Leitura instantânea do teor relativo de clorofila na folha com utilização do medidor portátil de clorofila Clorofilog FALKER, medido em Índice de Clorofila Falker (ICF), realizada no folíolo central do terceiro trifólio de quatro plantas por parcela, escolhidas aleatoriamente;
- d) Fotossíntese aos 30 e 45 dias após a emergência, em $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (FT30DAE e FT45DAE) – leitura realizada no folíolo central, da terceira folha aberta, no horário entre 6 e 9 horas da manhã, com o aparelho IRGA LI-COR (modelo LI6400 XT Portable Photosynthesis System), leitura realizada em quatro plantas por parcela, escolhidas aleatoriamente;

- e) Índice de biomassa foliar aos 28 e 44 dias após a emergência (IBF28DAE e IBF44DAE)- relação entre a matéria seca da folha e a matéria seca total da planta (em $g\ g^{-1}$), obtida de quatro plantas por parcela, considerando-se a média das mesmas para análise;
- f) Matéria seca da parte aérea aos 28 dias após a emergência (MSPA28DAE) – somatório da matéria seca das folhas, do caule e do aparato reprodutivo (flores e vagens recém-formadas), medida em gramas e transformadas para $kg\ ha^{-1}$, e tomadas em 4 plantas por parcela, considerando-se a média das mesmas;
- g) Taxa de crescimento da cultura (TCC) – relação entre a diferença de matéria seca da planta, tomadas em dois períodos distintos, a área ocupada pela mesma e a duração deste período, obtida pela seguinte equação:

$$TCC = (MS_2 - MS_1) / S * 1 / (t_2 - t_1),$$
 em gramas $m^{-2}\ dia^{-1}$, onde:
 MS_1 e MS_2 – matéria seca das folhas aos 28 e 44 DAE (em gramas);
 $t_2 - t_1$ – intervalo entre a primeira e a segunda leitura (em dias);
 S = área do terreno disponível para a planta (m^2);
- h) Taxa de assimilação líquida da cultura (TAL) – taxa de incremento de matéria seca por unidade de área foliar em determinado intervalo de tempo, obtida por meio da seguinte equação:

$$TAL = (MS_2 - MS_1) / (A_2 - A_1) * (\ln A_2 - \ln A_1) / (t_2 - t_1),$$
 em $g\ m^{-2}\ dia^{-1}$, onde:
 MS_1 e MS_2 – matéria seca das folhas aos 28 e 44 DAE (em gramas);
 A_1 e A_2 – área foliar da planta aos 28 e 44 DAE (em m^2);
 $t_2 - t_1$ – intervalo entre a primeira e a segunda leitura (em dias);
 \ln – logaritmo neperiano.

Os dados de IAF28DAE e TCC foram transformados para $x^{1/2}$.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resumo das análises de variância para os caracteres fisiológicos avaliados em quatro cultivares de feijão-caupi, submetidas a diferentes densidades são apresentados nas tabelas 8, 9 e 10.

Tabela 8. Resumo das análises de variância, para índice de área foliar aos 28 dias após a emergência (IAF28DAE), interceptação luminosa aos 39, 53 e aos 60 dias após a emergência (IL39DAE, IL53DAE e IL60DAE) de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiereto, submetidas a cinco densidades de plantas. Teresina, PI, 2014.

Fontes de Variação	Quadrados Médios			
	IAF28DAE (cm ² cm ⁻²)	IL39DAE (%)	IL53DAE (%)	IL60DAE (%)
Blocos	0,72 [*]	3554,19 ^{**}	2274,45 ^{**}	2185,47 ^{**}
Cultivares (C)	0,23 ^{ns}	213,23 ^{ns}	400,63 ^{ns}	626,19 ^{ns}
Populações (P)	4,77 ⁻⁻	649,90 ⁻⁻	277,20 ⁻⁻	689,36 ⁻⁻
CxP	0,18 ^{ns}	135,53 ^{ns}	270,64 ^{ns}	185,49 ^{ns}
Resíduo	0,25	158,81	196,83	504,26
Média geral	1,52	75,23	66,94	58,10
C.V.(%)	14,31	16,75	20,96	22,03

^{ns}, ^{*}, ^{**} não significativo e significativo ao nível de 5% e 1% de probabilidade, pelo teste F, respectivamente.

-- Os tratamentos são quantitativos, o teste F não se aplica.

A análise de variância não mostrou significância estatística, pelo teste F, entre os níveis do fator cultivare para todos os caracteres fisiológicos avaliados, indicando assim, uma homogeneidade das cultivares.

A interação entre as cultivares e as populações de plantas não apresentou significância estatística, para todos os caracteres fisiológicos avaliados (Tabelas 8, 9 e 10); assim, as cultivares não foram influenciadas fisiologicamente pelas densidades de plantas.

Tabela 9. Resumo das análises de variância, para teor de clorofila aos 30 e 45 dias após a emergência (TC aos 30 e 45DAE), fotossíntese aos 30 e 45 dias após a emergência, (FT aos 30 e 45DAE), e índice de biomassa foliar aos 28 dias após a emergência (IBF28DAE) de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiereto, submetidas a cinco densidades de plantas. Teresina, PI, 2014.

Fontes de Variação	Quadrados Médios				
	TC30DAE (IFC)	TC45DAE (IFC)	FT30DAE $\mu\text{mol CO}_2$ $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$	FT45DAE $\mu\text{mol CO}_2$ $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$	IBF28DAE g g^{-1}
Bloco	46,35*	37,74 ^{ns}	70,99**	4,99**	0,0072**
Cultivares (C)	4,59 ^{ns}	8,80 ^{ns}	14,88 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,0015 ^{ns}
População (P)	14,96 ⁻⁻	35,29 ⁻⁻	2,58 ⁻⁻	0,44 ⁻⁻	0,0099 ⁻⁻
CxP	9,28 ^{ns}	29,22 ^{ns}	4,35 ^{ns}	0,49 ^{ns}	0,0006 ^{ns}
Resíduo	15,83	24,93	12,34	0,47	0,0006
Média geral	47,84	51,03	23,78	4,01	0,6625
C.V.(%)	8,32	9,78	14,77	17,11	3,65

^{ns}, *, ** não significativo e significativo ao nível de 5% e 1% de probabilidade, pelo teste F, respectivamente -- Os tratamentos são quantitativos, o teste F não se aplica.

Tabela 10. Resumo das análises de variância, para índice de biomassa foliar e matéria seca da parte aérea aos 28 dias após a emergência (IBF44DAE e MSPA28DAE), taxa de crescimento da cultura (TCC), e taxa de assimilação líquida (TAL) de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiereto, submetidas a cinco densidades de plantas. Teresina, PI, 2014.

Fontes de Variação	Quadrados Médios			
	IBF44DAE (g g^{-1})	MSPA28DAE (kg ha^{-1})	TCC ($\text{g m}^{-2} \text{dia}^{-1}$)	TAL ($\text{g cm}^{-2} \text{dia}^{-1}$)
Blocos	0,0151 ^{ns}	382478498,33**	3205,49**	382,22**
Cultivares (C)	0,0125 ^{ns}	68505685,00 ^{ns}	876,91 ^{ns}	123,90 ^{ns}
Populações (P)	0,0595 ⁻⁻	1214448155,00 ⁻⁻	1796,59 ⁻⁻	189,13 ⁻⁻
CxP	0,0061 ^{ns}	58298651,67 ^{ns}	408,35 ^{ns}	74,79 ^{ns}
Resíduo	0,0067	41842445,70	660,34	106,92
Média geral	0,3432	30467,75	40,85	21,26
C.V.(%)	23,92	21,23	30,07	26,09

^{ns}, ** não significativo e significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F, respectivamente

-- Os tratamentos são quantitativos, o teste F não se aplica.

3.1 Índice de área foliar aos 28 dias após a emergência (IAF28DAE)

Não foi detectada significância pelo teste F para o caráter IAF28DAE; assim, não foram aplicados testes de médias (Tabela 11).

Os primeiros efeitos da densidade populacional ocorrem no índice de área foliar (IAF), que interfere na interceptação da luz afetando diretamente na taxa fotossintética. O autosombreamento provoca decréscimo na taxa fotossintética em função do aumento do IAF.

Tabela 11. Valores médios para o índice de área foliar aos 28 dias após a emergência, em $\text{cm}^2 \text{cm}^{-2}$, de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiereto, submetidas a cinco densidades de plantas. Teresina, PI, 2014.

Cultivar	Densidade populacional (plantas ha^{-1})				
	10^5	2×10^5	3×10^5	4×10^5	5×10^5
BRS Guariba	0,65	1,16	1,82	1,84	1,90
BRS Novaera	0,73	1,37	1,23	1,70	2,16
BRS Potengi	0,74	1,02	1,55	2,17	2,04
BRS Tumucumaque	0,89	1,47	1,74	1,78	2,53
Média geral	0,75	1,26	1,59	1,87	2,16

A análise de regressão para IAF28DAE revelou efeito quadrático em relação à média das cultivares (Figura 4). Houve aumento de 112%, considerando o intervalo de 10^5 até 3×10^5 plantas ha^{-1} , e de 35,8% para o intervalo de 3×10^5 a 5×10^5 plantas ha^{-1} .

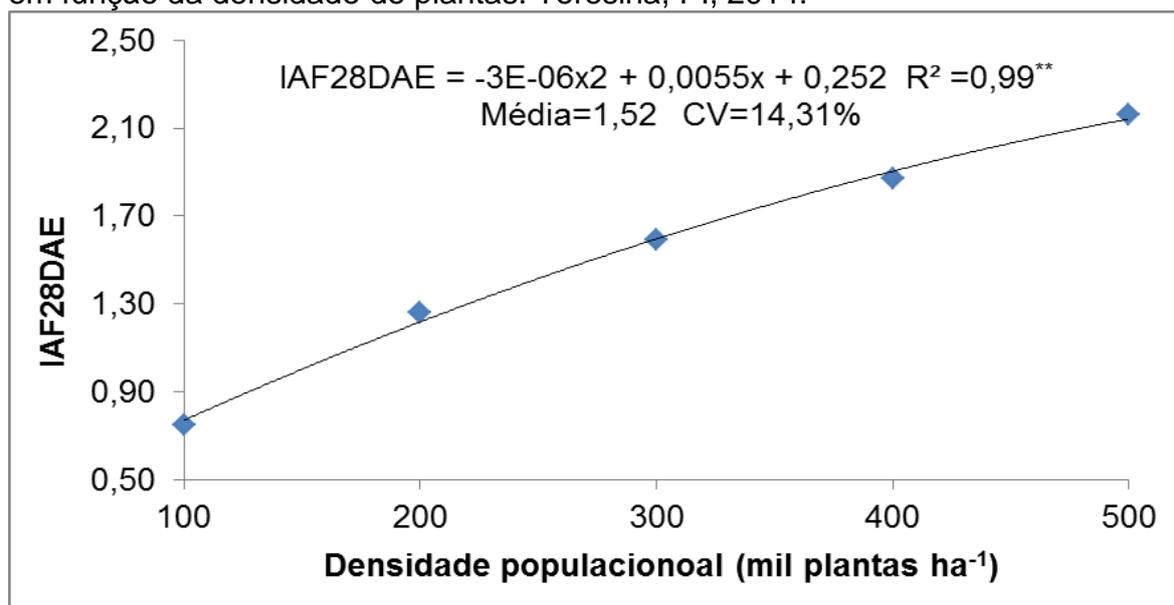
Observa-se incremento acentuado no primeiro intervalo de densidade de plantas, crescendo em menor intensidade, no segundo intervalo considerado.

Como a fotossíntese depende da área foliar, o rendimento da cultura será maior quanto mais rápido a planta atingir o índice de área foliar máximo e quanto mais tempo a área foliar permanecer ativa (PEREIRA e MACHADO, 1987). Após o atingimento do IAF máximo, a planta começa a sofrer autosombreamento, interferindo na fotossíntese e conseqüentemente, na produção de matéria seca.

O IAF se correlaciona positivamente com a produção de matéria seca pela planta, interferindo no seu desenvolvimento e na produção de grãos, em especial,

em cultivos mecanizados com altas populações de plantas o que pode resultar em alterações na produção de grãos.

Figura 4- Variação no índice de área foliar aos 28DAE (IAF28DAE), considerando-se a média de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiereto, em função da densidade de plantas. Teresina, PI, 2014.



3.2 Interceptação luminosa aos 39, 53 e 60 dias após a emergência (IL39DAE, IL53DAE, IL60DAE)

Para IL39DAE, não foi identificada significância, pelo teste F e, portanto, não sendo cabível aplicação de testes de médias (Tabela 12).

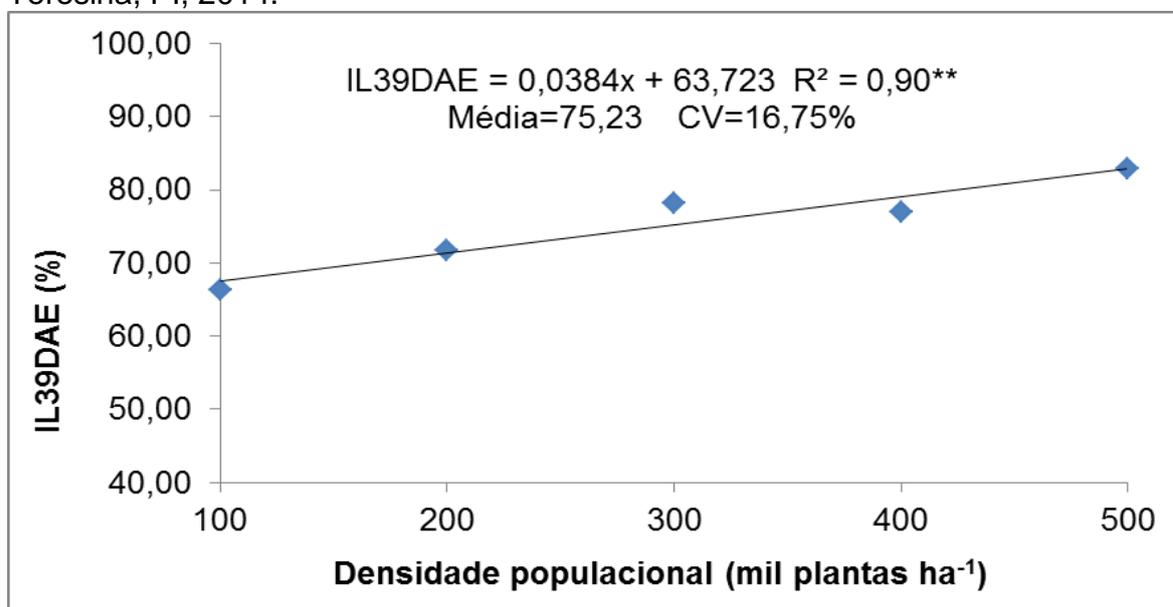
Tabela 12. Valores médios para interceptação luminosa aos 39 dias após a emergência, em %, de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiereto, submetidas a cinco densidades de plantas. Teresina, PI, 2014.

Cultivar	Densidade populacional (plantas ha ⁻¹)				
	10 ⁵	2x10 ⁵	3x10 ⁵	4x10 ⁵	5x10 ⁵
BRS Guariba	67,66	78,03	82,30	74,45	88,11
BRS Novaera	60,16	70,05	74,59	73,47	76,08
BRS Potengi	61,59	76,98	75,86	82,07	90,07
BRS Tumucumaque	76,06	61,69	80,26	77,71	77,50
Média geral	66,37	71,69	78,57	76,92	82,94

A análise de regressão para IL39DAE, em relação à média das cultivares, revelou efeito linear crescente (Figura 5). Houve aumento de 24,9%, considerando o intervalo de 10^5 a 5×10^5 plantas ha^{-1} .

O maior crescimento do dossel vegetal proporciona uma maior interceptação de luz, o qual incrementa a fotossíntese e a produção de biomassa (ESCALANTE-ESTRADA, 1999). Essa maior interceptação de radiação solar nas maiores populações de plantas, aumenta o potencial da taxa de fotossíntese diária e por unidade de área, o que influencia positivamente na produção de grãos (BEZERRA, 2005). Considere-se ainda, que nesta fase, a maior interceptação propicia maior potencial de competição intraespecífica. O comportamento da IL coincide com o aumento do IAF, até o atingimento da fase reprodutiva, a partir da qual este comportamento é alterado em decorrência da partição de assimilados para outras funções na planta.

Figura 5- Variação na interceptação luminosa aos 39DAE (IL39DAE) de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiereto, em função da densidade de plantas. Teresina, PI, 2014.



Para o caráter IL53DAE, como não foi identificada significância, pelo teste F, não foram aplicados testes de médias (Tabela 13).

Tabela 13. Valores médios para interceptação luminosa aos 53 dias após a emergência, em %, de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiereto, submetidas a cinco densidades de plantas. Teresina, PI, 2014.

Cultivar	Densidade populacional (plantas ha ⁻¹)				
	10 ⁵	2x10 ⁵	3x10 ⁵	4x10 ⁵	5x10 ⁵
BRS Guariba	63,04	56,95	73,76	56,51	60,43
BRS Novaera	56,18	73,45	59,75	68,84	64,20
BRS Potengi	69,89	73,06	84,06	66,42	67,00
BRS Tumucumaque	63,60	75,05	66,76	55,43	84,47
Média geral	63,18	69,63	71,08	61,80	69,03

A análise de regressão não identificou significância estatística para a média das cultivares.

Embora não tenha havido significância estatística, houve crescimento neste fator na ordem de 12,5%, considerando o intervalo de 10⁵ a 3x10⁵ plantas ha⁻¹ e decréscimo de 13,8%, voltando a crescer 11,7%, no intervalo de 4x10⁵ a 5x10⁵ plantas ha⁻¹. Este comportamento já era esperado, considerando que o aparato foliar, bem como a sua eficiência fotossintética se estabiliza, não havendo mais alterações significativas.

Em comparação à fase anterior, o IL, segue comportamento do IAF, pois inicia-se o processo de senescência com redução do aparato foliar.

Segundo WELLS (1991), a produção de grãos é função da taxa fotossintética do dossel, e esta, por sua vez, depende da máxima quantidade de radiação solar interceptada, que gira em torno de 95%.

Para o caráter IL60DAE, não foi identificada significância, pelo teste F, assim, não foram aplicados testes de médias (Tabela 14).

A análise de regressão não identificou significância estatística na média das cultivares.

Mesmo não havendo significância estatística, houve aumento na IL60DAE, de 4,4% no intervalo de 10⁵ a 3x10⁵, redução de 3,5% entre 3x10⁵ e 4x10⁵ e novo aumento de 16%, entre 4x10⁵ e 5x10⁵.

Tabela 14. Valores médios para interceptação luminosa aos 60 dias após a emergência, em %, de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiereto, submetidas a cinco densidades de plantas. Teresina, PI, 2014.

Cultivar	Densidade populacional (plantas ha ⁻¹)				
	10 ⁵	2x10 ⁵	3x10 ⁵	4x10 ⁵	5x10 ⁵
BRS Guariba	5,92	7,56	7,04	6,60	8,19
BRS Novaera	7,13	7,52	6,86	6,82	8,28
BRS Potengi	7,62	6,84	7,51	6,98	8,03
BRS Tumucumaque	7,35	8,61	7,85	7,86	8,26
Média geral	7,01	7,63	7,32	7,06	8,19

A IL, nesta etapa, manteve baixos índices, explicados pelo início de maturação da planta, com drástica redução do aparato foliar, não sofrendo mais efeito das populações de plantas. Mendes et al. (2005) observaram que a porcentagem de luz interceptada, o índice de área foliar e a taxa de crescimento da cultura apresentaram um incremento de 50%, 206% e 130%, respectivamente, quando a população de plantas foi aumentada de 41.666 para 166.666 plantas ha⁻¹.

A interceptação luminosa tem relação com a fotossíntese, uma vez que esse índice indica o quantitativo de radiação fotossinteticamente ativa que foi absorvido pelo dossel da planta. Como a interceptação está relacionada com o índice de área foliar e este com a produção de matéria seca, a interação entre estes fatores determinará alterações morfofisiológicas que poderá vir a influenciar, de forma positiva ou negativa na produção de grãos.

3.3 Teor de clorofila aos 30 e aos 45 dias após a emergência (TC30DAE)

Para o caráter TC30DAE, não houve significância, pelo teste F, e portanto, neste caso não foram aplicados testes de médias (Tabela 15).

Tabela 15. Valores médios para teor de clorofila aos 30 dias após a emergência, em ICF, de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiereto, submetidas a cinco densidades de plantas. Teresina, PI, 2014.

Cultivar	Densidade populacional (plantas ha ⁻¹)				
	10 ⁵	2x10 ⁵	3x10 ⁵	4x10 ⁵	5x10 ⁵
BRS Guariba	49,57	48,49	46,95	48,39	46,84
BRS Novaera	49,19	49,07	49,70	46,30	47,84
BRS Potengi	47,74	47,84	47,27	46,09	48,32
BRS Tumucumaque	45,36	49,46	48,80	43,96	49,63
Média geral	47,97	48,71	48,18	46,18	48,16

A análise de regressão não identificou significância estatística na média das cultivares. Houve aumento de 1,5% entre 10⁵ e 2x10⁵, redução de 5,1% no intervalo de 2x10⁵ e 4x10⁵ e aumento de 4,2% entre 4x10⁵ e 5x10⁵ plantas ha⁻¹.

Para o caráter TC45DAE, não foi identificada significância, pelo teste F, desta forma não foram aplicados testes de médias (Tabela 16).

Tabela 16. Valores médios para teor de clorofila aos 45 dias após a emergência, em ICF, de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiereto, submetidas a cinco densidades de plantas. Teresina, PI, 2014.

Cultivar	Densidade populacional (plantas ha ⁻¹)				
	10 ⁵	2x10 ⁵	3x10 ⁵	4x10 ⁵	5x10 ⁵
BRS Guariba	51,32	51,19	52,72	53,98	49,66
BRS Novaera	50,36	53,96	51,15	48,12	52,11
BRS Potengi	57,63	52,07	47,31	46,49	51,83
BRS Tumucumaque	52,97	49,58	50,16	47,79	50,33
Média geral	53,07	51,68	50,33	49,09	50,98

A análise de regressão não identificou significância estatística na média das cultivares. Embora não tenha havido significância, observou-se redução de 7,5% entre 10⁵ e 4x10⁵, e aumento de 3,8% entre 4x10⁵ e 5x10⁵ plantas ha⁻¹.

SANTOS et al. (2011), estudando feijão-caupi em ambiente artificial, observaram que maiores teores de pigmentos foliares (clorofila a e b) não influenciaram de forma significativa a produção de massa seca das plantas demonstrando assim, que esses pigmentos não são diretamente os principais responsáveis pelo acúmulo de massa seca ao longo do tempo. Isso pode ser comprovado pela taxa de crescimento absoluto que não sofreu diferenciação significativa entre os tratamentos testados.

Segundo Nascimento (2009), o teor de clorofila total pode ser uma característica importante, pois os mesmos podem aumentar sua eficiência na absorção de radiação solar, conseqüentemente maior taxa fotossintética, resultando por sua vez em maiores rendimentos de grãos.

3.4 Fotossíntese aos 30 e aos 45 dias após a emergência (FT30DAE)

Considerando que não houve significância para FT30DAE, pelo teste F, não foram aplicados testes de médias (Tabela 17).

Tabela 17- Valores médios para fotossíntese aos 30 dias após a emergência, em $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiereto, submetidas a cinco densidades de plantas. Teresina, 2014.

Cultivar	Densidade populacional (plantas ha^{-1})				
	10^5	2×10^5	3×10^5	4×10^5	5×10^5
BRS Guariba	21,94	21,93	21,91	24,11	23,39
BRS Novaera	24,15	24,10	25,08	25,50	24,98
BRS Potengi	24,50	24,28	23,40	24,93	22,31
BRS Tumucumaque	22,71	24,27	23,80	22,74	25,53
Média geral	23,33	23,65	23,55	24,32	24,05

A análise de regressão não identificou significância estatística na média das cultivares. As cultivares apresentaram comportamento semelhante em relação à taxa de fotossíntese e variação nas densidades de plantas.

Para o caráter FT45DAE não houve significância pelo teste F, neste caso, não foram aplicados testes de médias (Tabela 18).

Tabela 18. Valores médios para fotossíntese aos 45 dias após a emergência (FT45DAE), em $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, de quatro cultivares de feijão-caupi, de porte semiereto, submetidas a cinco densidades populacionais. Teresina, 2014.

Cultivar	Densidade populacional (plantas ha^{-1})				
	10^5	2×10^5	3×10^5	4×10^5	5×10^5
BRS Guariba	3,83	4,12	3,99	3,92	4,05
BRS Novaera	4,12	3,61	3,87	4,51	4,23
BRS Potengi	4,15	4,37	3,16	4,35	4,13
BRS Tumucumaque	4,48	3,69	3,94	3,72	3,90
Média geral	4,14	3,95	3,74	4,13	4,08

A análise de regressão não identificou significância estatística na média das cultivares. Embora não tenha havido significância, observou-se redução de 9,7%, no intervalo de 10^5 e 3×10^5 e aumento de 9,1% entre 3×10^5 e 5×10^5 plantas ha^{-1} .

No que se refere à densidade populacional e considerando que a fotossíntese pode ser limitada pela baixa radiação, espera-se que um melhor arranjo espacial entre plantas favoreça a captação de luz solar e, conseqüentemente, favoreça o aumento na taxa fotossintética da planta (FRANÇOIS, 2012).

A elevada sensibilidade e efetividade dos estômatos do feijão-caupi pode contribuir para a manutenção da taxa de fotossíntese líquida em um nível baixo, porém, por um tempo relativamente longo (PINHO et al. 2001). Quando em excesso de luz, a planta desenvolve mecanismos de fotoinibição para conter o estresse oxidativo (GRANDIS, 2010).

3.5 Índice de biomassa foliar aos 28 e aos 44 dias após a emergência (IBF28DAE)

A comparação de médias (Tabela 19) mostrou que a cultivar BRS Tumucumaque apresentou maior valor médio para IBF28DAE, sendo que as demais não diferiram significativamente entre si.

Tabela 19. Valores médios para índice de biomassa foliar aos 28 dias após a emergência, em g/g, de quatro cultivares de feijão-caupi, de porte semiereto, submetidas a cinco densidades de plantas. Teresina, PI, 2014.

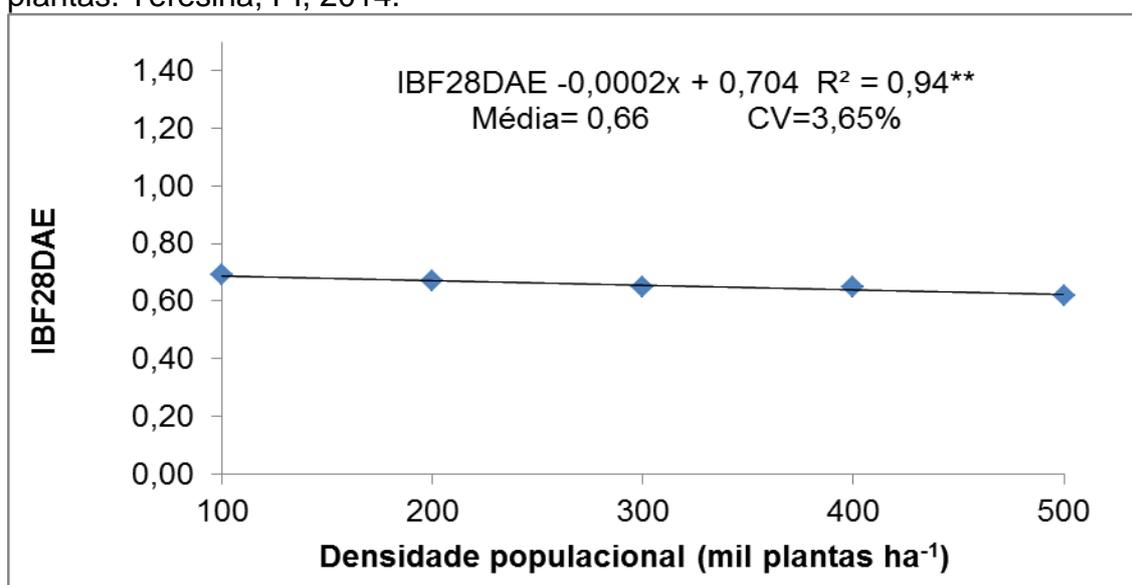
Cultivar	Densidade populacional (plantas ha ⁻¹)					Médias
	10 ⁵	2x10 ⁵	3x10 ⁵	4x10 ⁵	5x10 ⁵	
BRS Guariba	0,69	0,67	0,67	0,65	0,61	0,66 ^{ab}
BRS Novaera	0,67	0,66	0,64	0,64	0,64	0,65 ^b
BRS Potengi	0,70	0,68	0,65	0,67	0,62	0,67 ^{ab}
BRS Tumucumaque	0,72	0,68	0,67	0,66	0,63	0,67 ^a
Média geral	0,69	0,67	0,66	0,66	0,63	-

DMS=0,02

A análise de regressão revelou efeito linear decrescente na média das cultivares (Figura 6), para IBF28DAE. Houve decréscimo de 8,6%, considerando o intervalo de 10⁵ a 5x10⁵ plantas ha⁻¹.

Nesta fase da planta, observa-se altos índices de biomassa foliar, resultados coerentes com as taxas de fotossíntese encontradas. Este caráter sofreu pouca influência das densidades populacionais, bem como teve pouca variação entre as cultivares.

Figura 6- Variação no índice de biomassa foliar aos 28DAE (IBF28DAE) de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiereto, em função da densidade de plantas. Teresina, PI, 2014.



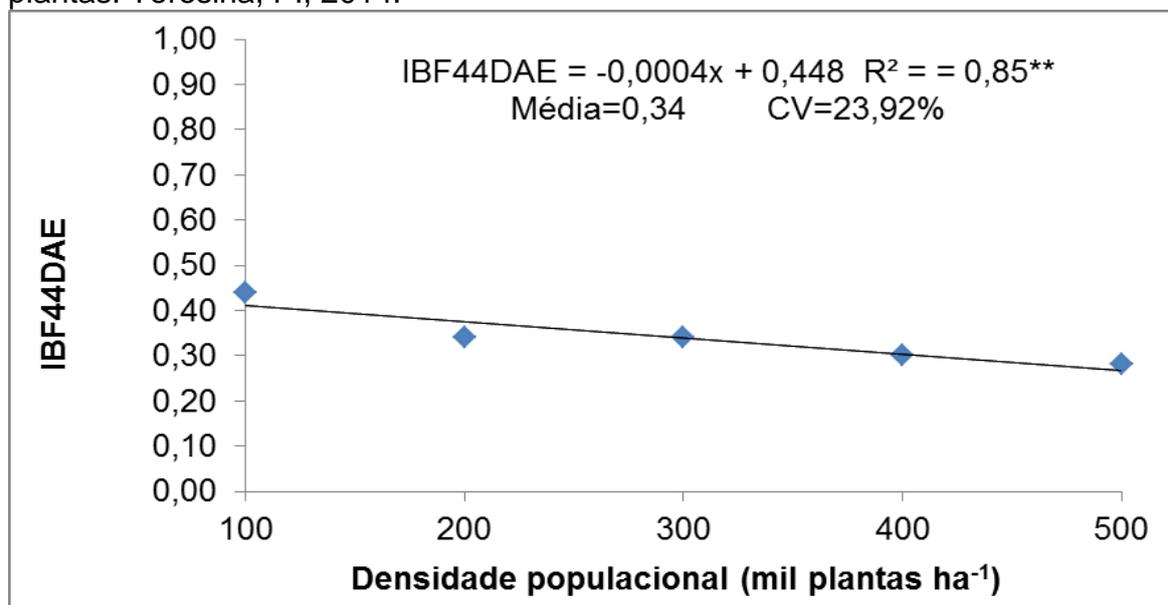
Para o caráter IBF44DAE, não foi observada significância, pelo teste F, razão pela qual não foram aplicados testes de médias (Tabela 20).

Tabela 20. Valores médios para índice de biomassa foliar aos 44 dias após a emergência, em g/g, de quatro cultivares de feijão-caupi, de porte semiereto, submetidas a cinco densidades de plantas. Teresina, PI, 2014.

Cultivar	Densidade populacional (plantas ha ⁻¹)				
	10 ⁵	2x10 ⁵	3x10 ⁵	4x10 ⁵	5x10 ⁵
BRS Guariba	0,43	0,37	0,35	0,31	0,35
BRS Novaera	0,44	0,33	0,34	0,32	0,34
BRS Potengi	0,42	0,32	0,36	0,24	0,20
BRS Tumucumaque	0,46	0,33	0,34	0,34	0,23
Média geral	0,44	0,34	0,35	0,31	0,28

A análise de regressão revelou efeito linear decrescente na média das cultivares (Figura 7), para IBF44DAE. Houve decréscimo de 36,3%, considerando o intervalo de 10⁵ a 5x10⁵ plantas ha⁻¹.

Figura 7- Variação no índice de biomassa foliar aos 44DAE (IBF44DAE), de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiereto, em função da densidade de plantas. Teresina, PI, 2014.



Para esta fase, observa-se índices mais baixos, e sofrendo maior influência das densidades de plantas, porém não havendo diferença significativa entre as cultivares.

Os fotoassimilados passam a ser distribuídos para outras partes e funções na planta, como crescimento e lignificação de ramos e das partes reprodutivas, como flores, vagens e grãos que começam a serem formados nesta fase.

3.6 Matéria seca da parte aérea aos 28 dias após a emergência (MSPA28DAE)

Para o caráter MSPA28DAE, não houve significância, pelo teste F, portanto não foram aplicados testes de médias (Tabela 21).

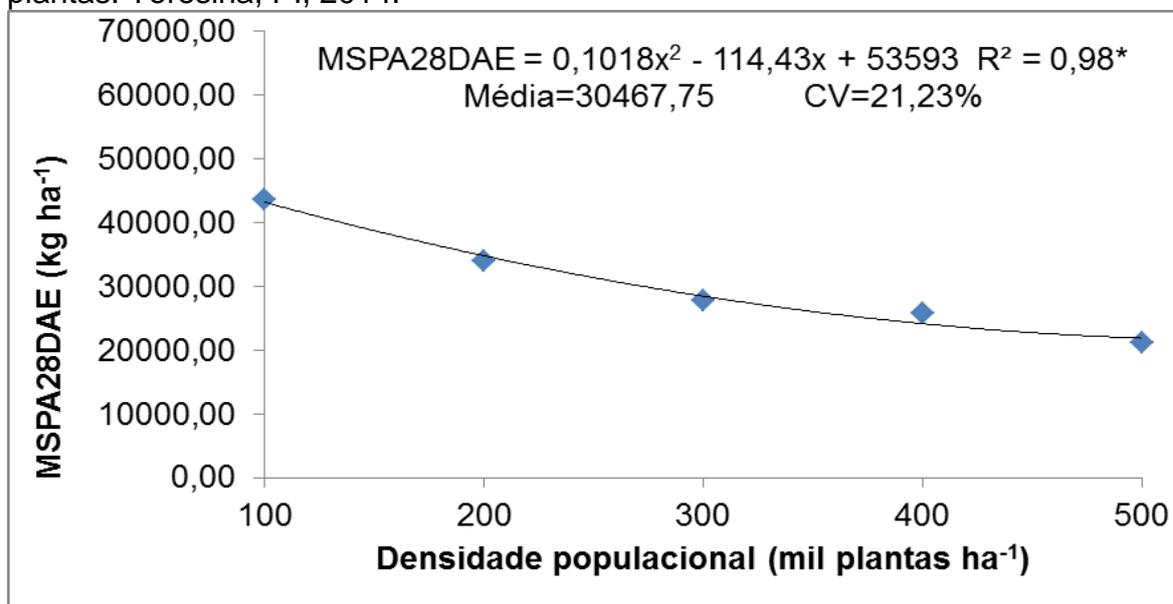
Tabela 21. Valores médios para matéria seca da parte aérea aos 28 dias após a emergência, em kg ha⁻¹, de quatro cultivares de feijão-caupi, de porte semiereto, submetidas a cinco densidades de plantas. Teresina, PI, 2014.

Cultivar	Densidade populacional (plantas ha ⁻¹)				
	10 ⁵	2x10 ⁵	3x10 ⁵	4x10 ⁵	5x10 ⁵
BRS Guariba	37280	31785	25700	26710	20385
BRS Novaera	43080	36445	25615	23185	21995
BRS Potengi	42680	28540	29450	29930	22290
BRS Tumucumaque	51620	39340	30085	23490	19750
Médias	43665	34027,50	27712,50	25828,75	21105

A análise de regressão mostrou efeito quadrático para MSPA28DAE na média das cultivares (Figura 8). Houve redução de 51,7%, considerando o intervalo de 10⁵ a 5x10⁵ plantas ha⁻¹.

Bezerra (2005), estudando linhagens de feijão-caupi, de porte ereto, observou que a redução verificada na MSPA28DAE, deveu-se principalmente, à grande redução no NRL como consequência da alta competição intraespecífica imposta pelo maior adensamento de plantas.

Figura 8- Variação matéria seca da parte aérea aos 28DAE (MSPA28DAE), de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiereto, em função da densidade de plantas. Teresina, PI, 2014.



Souza et al. (2013), avaliando cultivares de feijão-caupi de porte semiereto, concluíram que à medida que ocorre aumento do número de plantas na linha, há forte tendência à redução do número de folhas por planta, área foliar e massa da matéria seca da parte aérea.

O adensamento de plantas provoca autosombreamento, ocasionando senescência de folhas, redução na atividade fotossintética e no desenvolvimento de ramos laterais e alongamento de entrenós e ramos principais. Todas estas alterações promovem redução no acúmulo de matéria seca pela planta, com consequências na produção de grãos.

3.7 Taxa de crescimento da cultura (TCC)

Em não sendo observada significância para a TCC, pelo teste F, não foram aplicados testes de médias (Tabela 22).

Tabela 22. Valores médios para taxa de crescimento da cultura, em $\text{g m}^{-2} \text{dia}^{-1}$, de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiereto, submetidas a cinco densidades de plantas. Teresina, PI, 2014.

Cultivar	Densidade populacional (plantas ha^{-1})				
	10^5	2×10^5	3×10^5	4×10^5	5×10^5
BRS Guariba	22,22	28,91	28,67	47,48	40,34
BRS Novaera	19,00	24,83	31,19	66,34	43,53
BRS Potengi	45,96	36,80	36,80	43,53	69,39
BRS Tumucumaque	33,78	42,34	51,27	62,52	42,17
Média geral	30,24	33,22	36,98	54,97	48,86

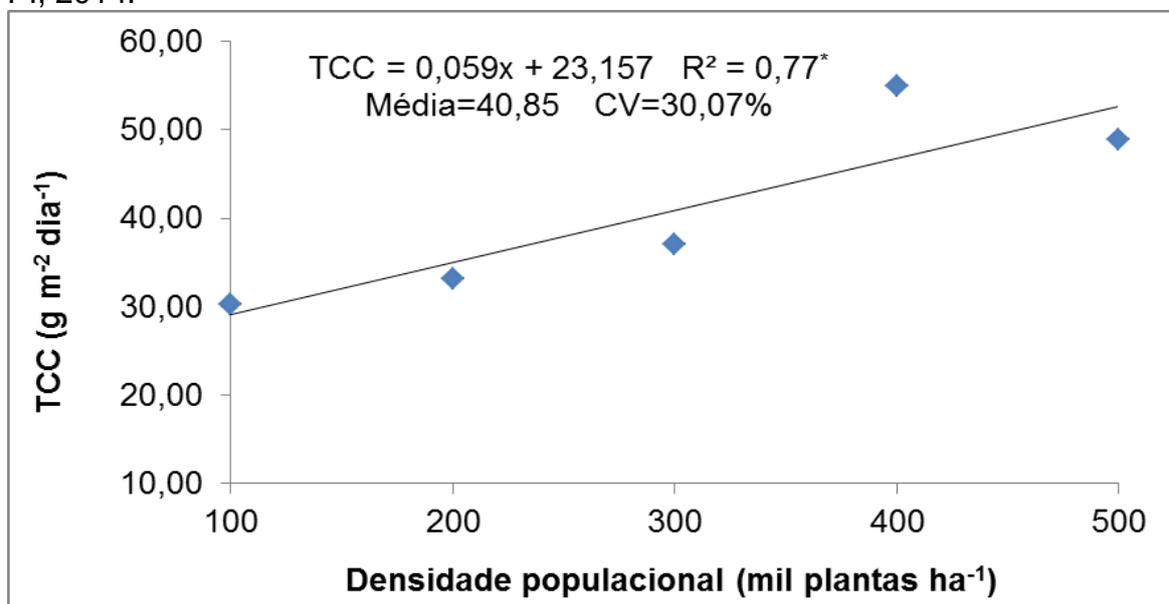
A análise de regressão mostrou efeito linear crescente, para TCC na média das cultivares (Figura 9). Houve aumento de 81,8%, no intervalo de 10^5 a 4×10^5 e leve redução entre 4×10^5 e 5×10^5 plantas ha^{-1} .

O período analisado coincide com o final da fase vegetativa e início da fase reprodutiva, como floração e formação de vagens. Nesta fase, ocorre o máximo de crescimento da cultura, passando à distribuição de fotoassimilados, visando garantir a formação de grãos. Considere-se, ainda, que nesta fase a planta atinge o máximo IAF e inicia o processo de senescência foliar, tendo assim, reduzida a sua capacidade fotossintética.

Mendes et al. (2005), estudando o efeito de densidades de plantas sobre a TCC de feijão-caupi, observaram acréscimos de 130,3% quando a densidade de plantas foi aumentada de 41.666 para 166.666 plantas por hectare.

Segundo Bezerra (2005), a TCC respondeu positivamente ao aumento da densidade de plantas até o nível de $4,7 \times 10^5$ plantas por hectare. A partir desse nível, estabeleceu-se uma relação negativa entre TCC e o aumento da densidade de plantas, tendo como possíveis causas o maior nível de competição intraespecífica e de autossombreamento.

Figura 9- Variação da taxa de crescimento da cultura (TCC), de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiereto, em função da densidade de plantas. Teresina, PI, 2014.



3.8 Taxa de assimilação líquida (TAL)

Tendo em vista a não significância pelo teste F, da TAL, não foram aplicados testes de médias (Tabela 23).

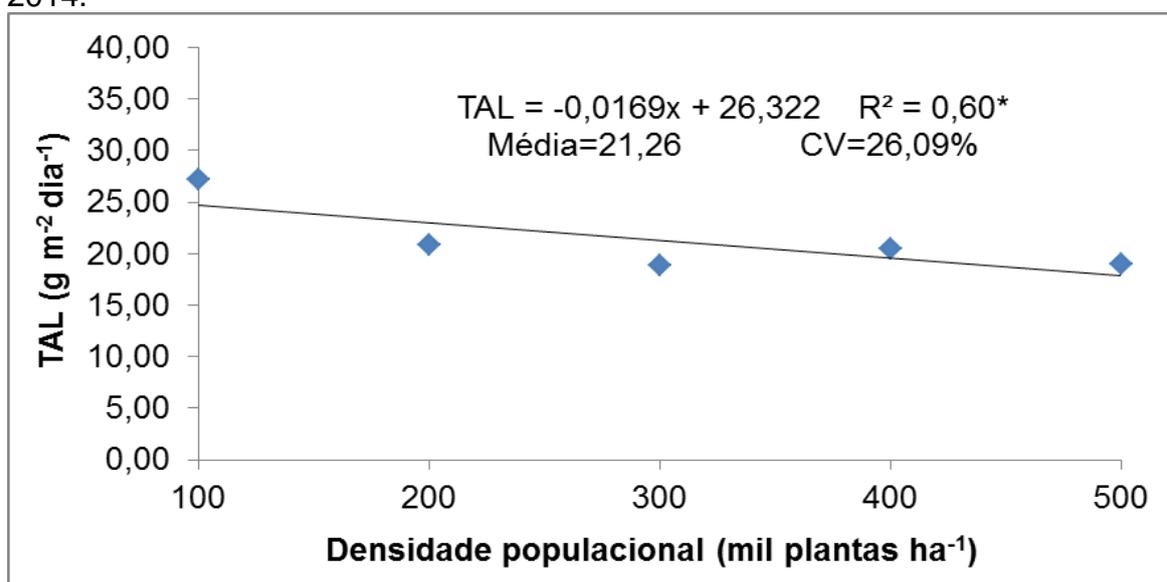
Tabela 23. Valores médios para taxa de assimilação líquida, em g m⁻² dia⁻¹, de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiereto, submetidas a cinco densidades de plantas. Teresina, PI, 2014.

Cultivar	Densidade populacional (plantas ha ⁻¹)				
	10 ⁵	2x10 ⁵	3x10 ⁵	4x10 ⁵	5x10 ⁵
BRS Guariba	23,96	19,81	16,62	16,78	17,82
BRS Novaera	24,09	15,64	18,15	23,31	16,82
BRS Potengi	36,36	25,85	17,66	16,55	25,87
BRS Tumucumaque	24,35	22,15	22,83	25,29	15,26
Médias	27,19	20,86	18,82	20,48	18,94

A análise de regressão mostrou efeito linear decrescente para TAL na média das cultivares (Figura 10). Houve redução de 20,0%, no intervalo de 10⁵ a 5x10⁵ plantas ha⁻¹.

Bezerra (2005), avaliando linhagens de feijão-caupi de porte ereto, identificou redução na TAL em 18,4%, comparando as densidades de plantas de 10^5 e 5×10^5 plantas ha^{-1} . Para este autor, a maior competição entre plantas e o maior autossombreamento são causas possíveis dos decréscimos verificados.

Figura 10- Variação da taxa de assimilação líquida (TAL), de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiereto, em função da densidade de plantas. Teresina, PI, 2014.



A taxa de assimilação líquida expressa o aumento líquido do peso seco da planta por área foliar unitária ($g\ m^{-2}$), enquanto a taxa fotossintética mede a assimilação líquida de carbono durante o período de luz. Devido ao aumento recíproco do sombreamento foliar com o índice de área foliar (IAF), a taxa de assimilação líquida se correlaciona negativamente com IAF e, conseqüentemente, com todos os fatores que influenciam no seu aumento (adubação nitrogenada, densidade, sombreamento, altos níveis de suprimento de água) (OLIVEIRA, 2013).

Assim, em feijão-caupi, a TAL normalmente decresce durante o crescimento e desenvolvimento de plantas, principalmente quando há aumento no IAF, como neste experimento com aumentos de densidades populacionais.

4. CONCLUSÕES

- 1- A densidade de plantas não influenciou as cultivares para os caracteres fisiológicos avaliados;
- 2- Na média das cultivares, o aumento na densidade populacional provocou redução na interceptação luminosa aos 39 dias após a emergência, no índice de biomassa foliar aos 28 e aos 44 dias após a emergência, na taxa de assimilação líquida e na taxa de crescimento da cultura;
- 3- Na média das cultivares, os caracteres interceptação luminosa aos 53 e aos 60 dias após a emergência, o teor de clorofila aos 30 e aos 45 dias após a emergência, a fotossíntese aos 30 e aos 45 dias após a emergência não foram afetados com o aumento na densidade de plantas.

5. REFERÊNCIAS

- ANDRADE, A. C.; FONSECA, D. M. da; LOPES, R. dos S.; NASCIMENTO JÚNIOR, D. do; CECON, P. R.; QUEIROZ, D. S.; PEREIRA, D. H.; REIS, S. T. Análise de crescimento do capim-elefante 'Napier' adubado e irrigado. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 2, p. 415-423, 2005.
- BASTOS, E. A.; RODRIGUES, B. H. N.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; CARDOSO, M. J. Parâmetros de crescimento do feijão caupi sob diferentes regimes hídricos. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 22, n. 1, p. 43-50, 2002.
- BEZERRA, A.A. de C. **Efeitos de arranjos populacionais na morfologia e produtividade de feijão-caupi de crescimento determinado e porte ereto**. 2005. 123p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- BORGES, P.R.S.; SABOYA, R de C.C.; SABOYA, L.M.F.; SANTOS, E.R. dos; SOUZA, S.E.A. de. Distribuição de massa seca e rendimento de feijão-caupi inoculado com rizóbio, em Gurupi, TO. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.25, n.1, p. 37-44, jan.-mar., 2012.
- ESCALANTE-ESTRADA, J. A. **Área foliar, senescencia y rendimiento del girasol de humedad residual en función del nitrógeno**. **Terra**. 17: 149-157.,1999.
- FARIA, R. T. Espaçamento e densidade. In: INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Cultura do feijão no estado do Paraná**. Londrina, 1980. p. 25-26. (Circular Técnica, 18).
- FRANÇOIS, T. **Relações hídricas e trocas gasosas em plantas de feijão-caupi submetidas à irrigação deficitária**. 2012. 113 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.
- GRANDIS, A. **Respostas fotossintéticas e de crescimento da espécie amazônica *Senna reticulata* sob elevada concentração de CO₂**. 2010, 106 f. Dissertação (Mestrado em Ciências). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.
- HUNT, R.; CAUSTON, D. R.; SHIPLEY, B.; ASKEW, P. A modern tool for classical plant growth analysis. **Annals of Botany**, v.90, n.4, p.485-488, 2002.
- LEITE, M. DE L.; VIRGENS FILHO, J. S. das; Produção de matéria seca em plantas de caupi (*Vigna unguiculata* (L.) WALP) submetidas a déficits hídricos.

Publ. UEPG **Ciências Exatas e da Terra, Ciências Agrárias e Engenharia**, Ponta Grossa, v.10:p. 43-51, 2004.

MACHADO, E.C.; PEREIRA, A.R.; FAHL, J.I.; SILVA, W.J.; TEIXEIRA, J.P.F. Análise quantitativa de crescimento de quatro variedades de milho em três densidades de plantio, através de funções matemáticas ajustadas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.17, n.6, p.825-33, 1982.

MENDES, R.M. de S.; TÁVORA, F.J.A.F.; PINHO, J.L.N. de; PITOMBEIRA, J.B. Alterações na relação fonte-dreno em feijão-de-corda submetido a diferentes densidades de plantas. **Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v.36, n.1, p.82-90, 2005.

NASCIMENTO, S. P. do. **Efeito do déficit hídrico em feijão-caupi para identificação de genótipos com tolerância à seca**. 2009. 109 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Piauí, Teresina.

OLIVEIRA, L. B. **Crescimento e Produtividade do Feijão-caupi solteiro e em Consórcio com a Cultura do Milheto**. 2013. 103 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

OLIVEIRA, S.R.M.de. **Densidade populacional do Feijão-caupi sob níveis de irrigação**. Seropédica: UFRRJ, 2013. 69 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia). Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

PEREIRA, A. R.; MACHADO, E. C. **Análise quantitativa do crescimento de comunidades vegetais**. Campinas, SP: Instituto Agrônomo. 1987. 33p. (IAC Boletim técnico nº 114).

PINHO, J. L. N. de; GONÇALVES, J. A.; TÁVORA, F. J. A. F.; MELO, F. I. O.; FREIRE FILHO, F.R. F. Condutância estomática em cultivares de caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp] submetidas ao estresse hídrico, em dois estádios de desenvolvimento. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FISILOGIA VEGETAL, VIII, 2001. **Resumos**. Ilhéus: Sociedade Brasileira de Fisiologia Vegetal, 2001. 295p. p. 19.

SANTOS, E.R. dos; BORGES, P.R.S.; SIEBENEICHLER, S.C.; CERQUEIRA, A.P. de; PEREIRA, P.R.; Crescimento e teores de pigmentos foliares em feijão-caupi cultivado sob dois ambientes de luminosidade. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 24, n. 4, p. 14-19, 2011.

SOUZA, M.R. de; MATOSO, A. de O.; SORATTO, R.P.; GUARNIERI, F.; TIRABASSI, L.H. Área foliar e produção de matéria seca do feijão-caupi sob Diferentes densidades de plantas. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI. **Resumo**. Recife, PE. 2013, 5p.

WELLS, R. Soybean growth response to plant density: relationships among canopy photosynthesis, leaf area, and light interception. **Crop Science**, v.31, p.755-761, 1991.

CAPÍTULO III - Comportamento da produção de grãos e seus componentes, de cultivares de feijão-caupi de porte semiereto, submetidas a diferentes densidades de plantas.

RESUMO

Com o objetivo de estudar o comportamento da produção de grãos e seus componentes de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiereto, submetidas a diferentes densidades de plantas, realizou-se um experimento, no campo experimental da Embrapa Meio-Norte, em Teresina-PI, no período de maio a agosto de 2013. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, em arranjo fatorial composto por quatro cultivares (BRS Guariba, BRS Novaera, BRS Potengi e BRS Tumucumaque) e cinco densidades populacionais (10^4 , 2×10^4 , 3×10^4 , 4×10^4 e 5×10^4 plantas ha^{-1}), com quatro repetições. Foram avaliados os caracteres número de vagens por planta, comprimento de vagens, número de grãos por vagem, massa de cem grãos, índice de grãos e rendimento de grãos. A densidade de plantas não influenciou as cultivares para os caracteres de produção e seus componentes avaliados; Na média das cultivares, o aumento na densidade de plantas provocou redução no comprimento de vagem e no número de grãos por vagem; Na média das cultivares, massa de cem grãos, o índice de grãos e o rendimento de grãos não foram afetados pelo aumento na densidade de plantas.

Palavras-chave: *Vigna unguiculata*, vagens, grãos, tamanho, rendimento.

CHAPTER III - Behavior of yield and its components in semi erect cowpea cultivars plant at different densities

ABSTRACT

An experiment was conducted in the experimental area of Embrapa Meio-Norte, in Teresina-PI, in the period May to August 2013, in order to study yield and its components behavior of four semi erect cowpea cultivars, under different densities plant. The statistical design was a randomized block in a factorial arrangement consisting of four cultivars (BRS Guariba, BRS Novaera, BRS Potengi, and BRS Tumucumaque) and five densities (10^4 , 2×10^4 , 3×10^4 , 4×10^4 , and 5×10^4 plants ha^{-1}), with four replications. The traits number of pods per plant, length of pods, number of seeds per pod, weight of hundred grains, grain index, and grain yield were evaluated. Plant density does not influence cultivars for yield traits and their components evaluated; increase in population density causes reductions in the pods length and number of seeds per pod; weight of hundred grains, grain index and grain yield are not affected with the increase in population density. Plant density did not influence yield traits and their components evaluated; the increase in population density caused reductions in the pods length and number of seeds per pod; the mass of a hundred grains, the grains index and grain yield were not affected with the increase in population density.

Keywords: *Vigna unguiculata*, pods, grains, size, yield.

1. INTRODUÇÃO

O feijão-caupi é um alimento importante para a população da região Meio-Norte do Brasil, sendo cultivado por agricultores familiares em sua maioria e com emprego de nível tecnológico baixo, resultando na obtenção de produtividade média de grãos secos da ordem de 524 kg ha^{-1} , considerada pequena (BEZERRA et al., 2009).

O baixo rendimento médio de grãos está relacionado a vários fatores do processo produtivo, dentre eles a densidade de plantas por área, o manejo inadequado da adubação e outras práticas de manejo da cultura necessárias para o aumento do rendimento (CARDOSO et al., 2006a). Para Santos e Araújo (2000), uma pequena população de plantas pode conduzir a uma significativa redução na produtividade do feijão-caupi.

A cultura do feijão-caupi passou a ocupar outros cenários agrícolas, em áreas de perímetro irrigado e na safrinha, após a cultura da soja, e começou a ser cultivada por grandes produtores, com maior adoção de tecnologia (SOARES et al., 2006).

As populações e arranjos de plantio influenciam o comportamento de feijão-caupi, dependendo das condições de plantio e características das cultivares (TÁVORA et al., 2001). Segundo este autor, a constatação da existência de uma forte interação do genótipo com as condições de plantio, permite inferir a necessidade de estudos mais detalhados sobre o comportamento de cultivares de feijão-de-corda com características de porte e hábito de crescimento diferentes, visando a identificação de ideótipos que melhor se adaptem a condições de plantio irrigado em níveis populacionais superiores aos normalmente utilizados em plantios de sequeiro.

Este trabalho teve por objetivo avaliar a produção de grãos e seus componentes de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiereto, submetidas a diferentes densidades de plantas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Conforme CAPÍTULOS I e II

Caracteres avaliados:

- a) Comprimento de vagem (COMPV) – comprimento médio de 10 vagens por parcela, tomadas ao acaso, por ocasião da colheita. As medidas foram tomadas em centímetros, com o auxílio de uma régua, graduada em centímetros;
- b) Número de grãos por vagem (NGV) – contagem dos grãos das 10 vagens utilizadas para COMPV, considerando-se o valor médio por parcela. Esta contagem foi realizada com o auxílio de um contador eletrônico de grãos SANICK (modelo Esc 2008);
- c) Massa de cem grãos (MCG) – medida realizada em 100 grãos por parcela, tomados ao acaso, em balança digital BEL, graduada em gramas e com precisão centesimal, em gramas.
- d) Índice de grãos (IG) – relação entre a massa de grãos de 10 vagens e a massa das mesmas 10 vagens, realizada em balança digital BEL, graduada em gramas e com precisão centesimal, em $g\ g^{-1}$;
- e) Rendimento de grãos (RG) – somatório massa de todos os grãos de cada parcela, incluindo-se aqueles utilizados para obtenção de MCG, IG e MGP. Medida realizada em balança digital MARTE (modelo LC-50), com precisão de 10 gramas, transformada para $kg\ ha^{-1}$.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância mostrou diferenças significativas ($p < 0,01$) entre as cultivares, para todos os caracteres avaliados e não significativa para a interação entre os fatores cultivares e densidades de plantas (Tabela 24).

Tabela 24. Resumo da análise de variância para comprimento de vagem (COMPV), número de grãos por vagem (NGV), massa de cem grãos (MCG), índice de grãos (IG) e rendimento de grãos (RG) de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiereto, submetidas a cinco densidades de plantas. Teresina, PI, 2014.

Fontes de Variação	Quadrados Médios				
	COMPV (cm)	NGV	MCG (g)	IG (g g ⁻¹)	RG (kg ha ⁻¹)
Blocos	8,52 ^{**}	6,18 [*]	2,42 ^{ns}	0,0011 ^{ns}	626620,00 ^{**}
Cultivares (C)	102,27 ^{**}	61,53 ^{**}	56,37 ^{**}	0,0100 ^{**}	323100,00 ^{**}
População (P)	2,01 ⁻⁻	3,09 ⁻⁻	0,28 ⁻⁻	0,0002 ⁻⁻	23107,50 ⁻⁻
CxP	0,54 ^{ns}	0,98 ^{ns}	0,44 ^{ns}	0,0007 ^{ns}	23170,83 ^{ns}
Resíduo	1,07	1,51	0,97	0,0005	20651,58
Média geral	8,24	10,12	20,77	0,79	1130,50
C.V.(%)	12,57	12,13	4,74	2,83	12,71

^{ns}, ^{*}, ^{**} não significativo e significativo ao nível de 5% e 1% de probabilidade, pelo teste F, respectivamente

-- Os tratamentos são quantitativos, o teste F não se aplica.

3.1 Comprimento de vagem (COMPV)

O comprimento da vagem, para todas as cultivares foi inferior ao padrão comercial de 20 cm, proposto por Silva e Oliveira (1993).

A comparação de médias (Tabela 25) mostrou que a cultivar BRS Tumucumaque apresentou maior valor médio para COMPV (10,66), enquanto a BRS Novaera o menor valor (5,19), sendo que as demais não diferiram significativamente entre si.

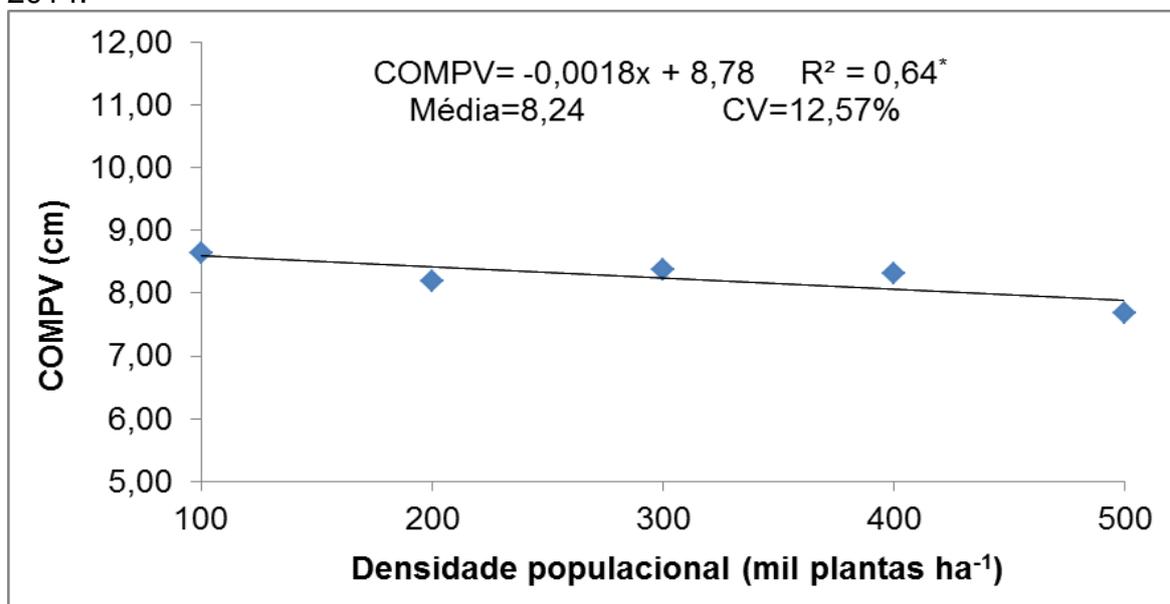
Para sistemas de produção onde se utiliza colheita mecanizada, vagens de tamanho menor são mais adequadas ao manejo. Por serem mais leves, as vagens ficam menos sujeitas a encostar ao chão, o que reduz a possibilidade de ocorrência de perdas por apodrecimento (SILVA e NEVES, 2011a).

Tabela 25. Valores médios para comprimento de vagens (COMPV), em cm, de quatro cultivares de feijão-caupi, de porte semiereto, submetidas a cinco densidades populacionais Teresina, PI, 2014.

Cultivar	Densidade populacional (plantas ha ⁻¹)					Médias
	10 ⁵	2x10 ⁵	3x10 ⁵	4x10 ⁵	5x10 ⁵	
BRS Guariba	8,67	8,56	9,07	8,75	7,67	8,55 ^b
BRS Novaera	5,60	4,77	5,32	5,12	5,14	5,19 ^c
BRS Potengi	8,95	8,30	8,47	8,89	8,22	8,57 ^b
BRS Tumucumaque	11,35	11,15	10,65	10,47	9,67	10,66 ^a
Média geral	8,64	8,19	8,38	8,31	7,68	-
DMS=0,86						

A análise de regressão para COMPV na média das cultivares (Figura 11) mostrou efeito linear decrescente. Houve redução de 11,1% entre 10⁵ e 5x10⁵ plantas ha⁻¹.

Figura 11- Variação do comprimento de vagem (COMPV), de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiereto, em função da densidade de plantas. Teresina, PI, 2014.



Esta variação no COMPV parece estar relacionada com variações nas características morfológicas das cultivares como: CRP, NNRP e NRL, o que

propicia alterações na distribuição de assimilados, interferindo assim no desenvolvimento das estruturas reprodutivas. Essas diferenças evidenciam o efeito das cultivares sobre o desenvolvimento destes componentes de produção, podendo ser atribuído à variabilidade genética das cultivares.

3.2 Número de grãos por vagem (NGV)

A comparação de médias (Tabela 26) mostrou que as cultivares BRS Guariba e BRS Potengi apresentaram os maiores valores para NGV (11,26 e 11,43, respectivamente), não diferindo estatisticamente, entre elas e sendo superiores às demais. A média geral para o experimento foi inferior a, 14 grãos por vagem, àquela encontrada por Freire Filho (2000).

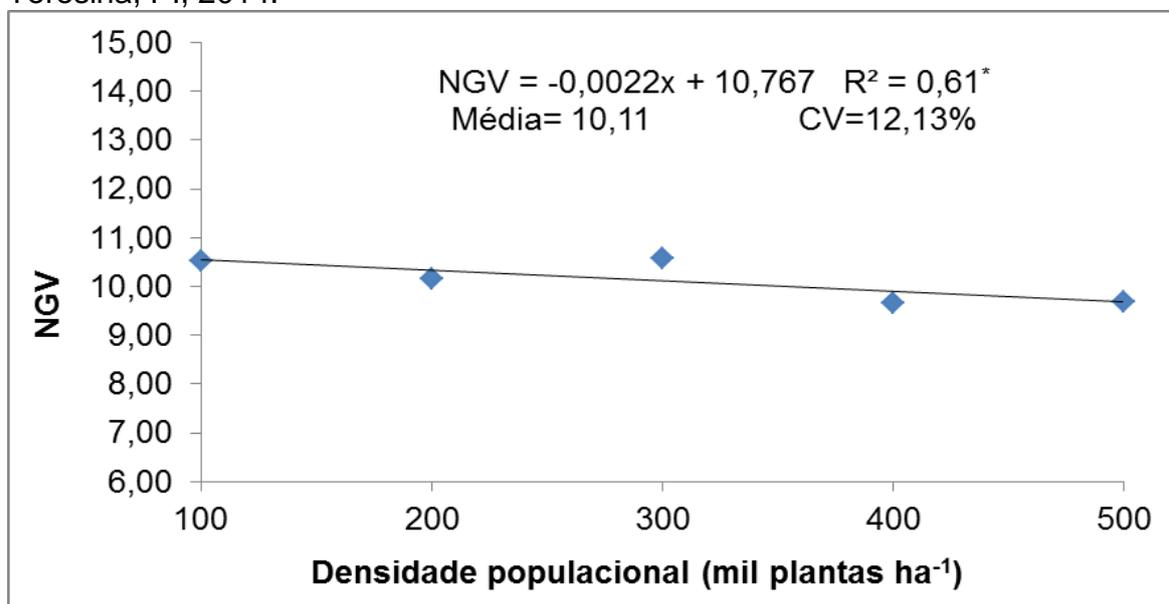
Para este caráter, a ocorrência de diferenças significativas pode ser atribuída a provável existência de diferenças genotípicas entre as cultivares.

Tabela 26. Valores médios para número de grãos por vagem de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiereto, submetidas a cinco densidades de plantas. Teresina, PI, 2014.

Cultivar	Densidades populacionais (plantas ha ⁻¹)					Médias
	10 ⁵	2x10 ⁵	3x10 ⁵	4x10 ⁵	5x10 ⁵	
BRS Guariba	11,00	11,55	11,82	11,25	10,67	11,26 ^a
BRS Novaera	8,15	7,30	7,80	7,42	7,47	7,63 ^c
BRS Potengi	12,57	11,95	11,67	10,20	10,77	11,43 ^a
BRS Tumucumaque	10,37	9,80	11,00	9,77	9,80	10,15 ^b
Média geral	10,52	10,15	10,57	9,66	9,68	-
DMS=1,02						

A análise de regressão para NGV na média das cultivares (Figura 12) mostrou efeito linear decrescente. Houve redução de 7,9% no intervalo de 10⁵ a 5x10⁵ plantas ha⁻¹.

Figura 12- Variação do número de grãos por vagem (NGV), de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiereto, em função da densidade populacional. Teresina, PI, 2014.



Tanto o comprimento de vagem como o número de grãos por vagem ficaram abaixo das médias obtidas por Freire Filho et al. (2000) para a região meio-norte de 18,0 cm e 14,0 grãos, respectivamente.

3.3 Massa de cem grãos (MCG)

A comparação de médias da MCG (Tabela 27) mostrou que as cultivares BRS Novaera (22,98) e a BRS Guariba (19,04) apresentaram o maior e menor valor, respectivamente. A cultivar BRS Novaera, diferiu de todos os demais genótipos que diferiram entre si. O valor da massa de 100 grãos desta cultivar foi ligeiramente superior ao obtido por Silva (2011), de 22,10 gramas.

Correa et al., 2013, estudando genótipos de feijão-caupi de porte semiereto e ereto, para o caráter “MCG” encontrou valores de 25,28 gramas, para a cultivar BRS Itaim, a 15,94 gramas, para a linhagem MNC03-737F-5-1, ficando a média em 19,37gramas, resultados similares aos obtidos neste experimento.

Tabela 27. Valores médios para massa de cem grãos, em g, de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiereto, submetidas a cinco densidades de plantas. Teresina, PI, 2014.

Cultivar	Densidade populacional (plantas ha ⁻¹)					Médias
	10 ⁵	2x10 ⁵	3x10 ⁵	4x10 ⁵	5x10 ⁵	
BRS Guariba	19,37	18,78	18,96	19,28	18,79	19,04 ^d
BRS Novaera	23,09	22,50	23,04	22,79	23,47	22,98 ^a
BRS Potengi	19,70	19,87	20,03	20,73	19,92	20,05 ^c
BRS Tumucumaque	20,98	21,29	20,82	21,09	20,94	21,03 ^b
Média geral	20,79	20,61	20,71	20,97	20,78	-
DMS=0,82						

A análise de regressão não identificou significância estatística ($p < 0,05$) na média das cultivares, assim, as diferentes densidades de plantas não influenciaram significativamente o MCG.

O fator populações de plantas não influenciou significativamente o peso de cem grãos, indicando que mesmo com o incremento da competição intraespecífica imposta pelo aumento da população de plantas, a quantidade de matéria seca armazenada nos grãos não foi alterada (BEZERRA, 2005).

3.4 Índice de grãos (IG)

BRS Potengi e BRS Guariba não diferiram estatisticamente, entre si, e apresentaram valores superiores às cultivares BRS Novaera e BRS Tumucumaque, que não diferiram estatisticamente entre si.

O IG médio das cultivares estudadas variou de 0,77 a 0,81, superior à média geral obtida por Silva e Neves (2011), que foi de 0,75, para genótipos de feijão-caupi de porte semiprostrado.

Tabela 28. Valores médios para índice de grãos, em $g\ g^{-1}$, de quatro cultivares de feijão-caupi de porte semiereto, submetidas a cinco densidades de plantas. Teresina, PI, 2014.

Cultivar	Densidade populacional (plantas ha^{-1})					Médias
	10^5	2×10^5	3×10^5	4×10^5	5×10^5	
BRS Guariba	0,79	0,82	0,81	0,79	0,80	0,80 ^a
BRS Novaera	0,78	0,78	0,78	0,77	0,79	0,78 ^b
BRS Potengi	0,83	0,82	0,79	0,81	0,80	0,81 ^a
BRS Tumucumaque	0,77	0,75	0,78	0,78	0,76	0,77 ^b
Média geral	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	-

DMS=0,01

A análise de regressão não identificou significância estatística na média das cultivares, assim, as diferentes densidades de plantas não influenciaram significativamente o IG. A cultivares de feijão-caupi não sofreram efeito neste caráter, quando submetidas a aumentos nas densidades plantas, nos intervalos estudados neste experimento.

3.5 Rendimento de grãos (RG)

A comparação de médias do RG (Tabela 29), mostrou que as cultivares BRS Novaera ($1.240\ kg\ ha^{-1}$) e BRS Potengi ($1.230\ kg\ ha^{-1}$), não diferiram estatisticamente entre si, mas foram superiores às cultivares BRS Tumucumaque ($1.069\ kg\ ha^{-1}$) e BRS Guariba ($981\ kg\ ha^{-1}$), que não diferiram estatisticamente entre si.

O máximo rendimento de grãos ($1.172\ kg\ ha^{-1}$) foi alcançado para uma população aproximada de 3×10^5 plantas ha^{-1} . Bezerra (2005) avaliando linhagens de feijão-caupi de porte semiereto, encontrou produtividade de $1.836\ kg\ ha^{-1}$, para uma população aproximada de 3×10^5 plantas ha^{-1} .

Tabela 29. Valores médios para rendimento de grãos, em kg ha^{-1} , de quatro cultivares de feijão-caupi submetidas a cinco densidades de plantas. Teresina, PI, 2014.

Cultivar	Densidade populacional (plantas ha^{-1})					Médias
	10^5	2×10^5	3×10^5	4×10^5	5×10^5	
BRS Guariba	925	970	1085	970	955	981 ^b
BRS Novaera	1125	1145	1265	1285	1390	1240 ^a
BRS Potengi	1280	1220	1220	1190	1240	1230 ^a
BRS Tumucumaque	1165	955	1120	1070	1035	1069 ^b
Média geral	1123,75	1072,50	1172,50	1128,75	1155	-
DMS=120,34						

A análise de regressão não identificou significância estatística na média das cultivares, assim, as diferentes densidades de plantas não influenciaram significativamente o RG, para as cultivares estudadas. O aumento da densidade de plantas de feijão-caupi proporcionou resposta quadrática para rendimento de grãos, onde o rendimento máximo de grãos foi de 1.670 kg ha^{-1} , obtido com uma densidade de $7,752 \text{ plantas m}^{-2}$. (CARDOSO e RIBEIRO, 2006).

4. CONCLUSÕES

- 1- A densidade de plantas não influenciou as cultivares para os caracteres de produção e seus componentes avaliados;
- 2- Na média das cultivares, o aumento na densidade de plantas provocou redução no comprimento de vagem e no número de grãos por vagem;
- 3- Na média das cultivares, massa de cem grãos, o índice de grãos e o rendimento de grãos não foram afetados pelo aumento na densidade de plantas.

5. REFERÊNCIAS

- BEZERRA, A.A. de C. **Efeitos de arranjos populacionais na morfologia e produtividade de feijão-caupi de crescimento determinado e porte ereto.** 2005. 123f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- BEZERRA, A. A. de C.; TÁVORA, F. J. F.; FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q. Características de dossel e de rendimento em feijão-caupi ereto em diferentes densidades populacionais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 10, p. 1239-1245, out. 2009.
- CARDOSO, M. J. ; MELO, F. de B.; ATHAYDE SOBRINHO, C.; RODRIGUES, B. H. N. Adubação fosfatada e densidades de planta em feijão-caupi em solo de tabuleiro costeiro. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 1.; REUNIÃO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 6., 2006a, Teresina. **Tecnologias para o agronegócio: anais.** Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2006. 1 CD-ROM. (Embrapa Meio-Norte. Documentos, 121).
- CORREA, A. M.; CECCON, G.; MOLINAS, V. S. da.; ROCHA, M. M. Desempenho de feijão-caupi de porte ereto e semiereto na região ecótono cerrado-pantanal. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI. **Resumos...** Recife, PE. 2013, 5p.
- FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; SANTOS, A. A. dos. **Cultivares de caupi para a região Meio-Norte do Brasil.** In: CARDOSO, M. J. (Org.). A cultura do feijão caupi no Meio-Norte do Brasil. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2000. 264p. (Circular Técnica, 28).
- SANTOS, C. A. F.; ARAUJO, F. P.; MENEZES, E. A. Comportamento produtivo de caupi em regimes irrigado e de sequeiro em Petrolina e Juazeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.11, p. 2229-2234, 2000.
- SILVA, A.C. **Características agronômicas e qualidade de sementes de feijão-caupi em Vitória da Conquista, Bahia.** Vitória da Conquista – BA: UESB, 2011. 87f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual do Sudoeste Baiano, Vitória da Conquista - BA.

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 Agronômica**, v. 42, n. 3, p. 702-713, 2011.

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

SILVA, P. S. L.; OLIVEIRA, C. N. Rendimentos de feijão verde e maduro de cultivares de caupi. **Horticultura Brasileira**, v. 11, p. 133-135, 1993.

SOARES, A.L.; PEREIRA, J.P.A.R.; FERREIRA, P.A.A.F.; VALE, H.M.M.; LIMA, A.S.; ANDRADE, M.J.B.; MOREIRA, M.S.. Eficiência agronômica de rizóbios selecionados e diversidade de populações nativas nodulíferas em Perdões (MG). I – caupi. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, p.795-802, 2006.

TÁVORA, F. J. A. F.; NOGUEIRA, S. L.; PINHO, J. L. N. de. Arranjo e população de plantas em cultivares de feijão-de-corda com diferentes características de copa. **Ciência Agronômica**, v. 32, n. 1/2, p. 69-77, 2001.

4. CONCLUSÕES GERAIS

- 1- A densidade de plantas não influenciou as cultivares para os caracteres morfológicos, fisiológicos e de produção avaliados;
- 2- Na média das cultivares, aumentos na densidade de plantas provocaram reduções no número de nós no ramo principal, no número de ramos laterais, na interceptação luminosa aos 39 dias após a emergência, no índice de biomassa foliar aos 28 e aos 44 dias após a emergência, na taxa de assimilação líquida, na taxa de crescimento da cultura, no comprimento de vagens e no número de grãos por vagem;
- 3- Na média das cultivares, o comprimento do ramo principal apresentou efeito quadrático, atingindo o máximo na densidade de plantas de 3×10^5 ;
- 4- Na média das cultivares, o comprimento do hipocótilo, a interceptação luminosa aos 53 e aos 60 dias após a emergência, o teor de clorofila aos 30 e aos 45 dias após a emergência, e a fotossíntese aos 30 e aos 45 dias após a emergência não foram afetados pelas densidades de plantas avaliadas.