



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA
CURSO DE AGRONOMIA

FERNANDA HELENA OLIVEIRA DA SILVA

**RELAÇÃO ENTRE CARACTERES DETERMINANTES DO CICLO E PORTE DO
FEIJÃO-CAUPI EM NÍVEIS VARIADOS DE HOMOZIGOSE**

FORTALEZA

2016

FERNANDA HELENA OLIVEIRA DA SILVA

RELAÇÃO ENTRE CARACTERES DETERMINANTES DO CICLO E PORTE DO
FEIJÃO-CAUPI EM NÍVEIS VARIADOS DE HOMOZIGOSE

Monografia apresentada ao Curso de Agronomia do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheira Agrônoma.

Orientador: Prof. D.Sc Júlio César do Vale Silva

FORTALEZA
2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S58r Silva, Fernanda Helena Oliveira da.
Relação entre caracteres determinantes do ciclo e porte do feijão-caupi em níveis variados de homozigose / Fernanda Helena Oliveira da Silva. – 2016.
42 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Curso de Agronomia, Fortaleza, 2016.
Orientação: Prof. Dr. Júlio César do Vale Silva.

1. Feijão-caupi. 2. Correlações entre caracteres. 3. Análise de trilha. I. Título.

CDD 630

FERNANDA HELENA OLVEIRA DA SILVA

RELAÇÃO ENTRE CARACTERES DETERMINANTES DO CICLO E PORTE DO
FEIJÃO-CAUPI EM NÍVEIS VARIADOS DE HOMOZIGOSE

Monografia apresentada ao Curso de
Agronomia do Departamento de Fitotecnia da
Universidade Federal do Ceará, como requisito
parcial à obtenção do título de Engenheira
Agrônoma.

Aprovada em: 13 / 04 / 2016.

BANCA EXAMINADORA

D.Sc Júlio César do Vale Silva (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

D.Sc Cândida H. C. Magalhães Bertini (Conselheira)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

M.Sc Renata Fernandes de Matos (Conselheira)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

M.Sc Tamiris Pereira da Silva (Conselheira)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Aos meus pais, meu principal motivo por estar aqui, por me apoiarem, por me incentivarem, por todo o suporte dado e pelos conselhos, consolos, conversas e incentivos, durante toda essa caminhada.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por está sempre ao meu lado, não me desamparando nos momentos em que mais preciso, fonte de amor e sabedoria, minha proteção.

À minha mãe Maria Santíssima, por sempre me proteger de todos os perigos e me guiar pelo caminho do bem.

Ao CNPq, UFC e FUNCAP, pelo apoio financeiro com a manutenção da bolsa de auxílio.

À Universidade Federal do Ceará, pela oportunidade e pela infraestrutura para realização deste curso.

Aos meus pais, Silvia Helena de Oliveira Gomes da Silva e José Lúcio da Silva, o motivo o qual estou aqui, por todo amor e dedicação que sempre tiveram comigo.

Ao meu orientador, Professor Júlio César, pela paciência, conselhos e direcionamentos na minha caminhada acadêmica.

À Kauã Guimarães Gondim, pela paciência e, sobretudo, por estar sempre ao meu lado.

À banca examinadora pelas contribuições importantes para melhoria deste trabalho.

A todos os amigos que estiveram comigo contribuindo de alguma forma e compartilhando momentos de alegria e tristeza, Francisco Henrique, Cecília Barreto, Renata de Araújo, Laís Dieb, Thaís Martins, Francisco Thiago e Diego Vasconcelos. E de forma mais que especial à Ingrid Pinheiro Machado, minha companheira para todas as horas.

“O Senhor Deus colocou o homem no jardim do Éden para cuidar dele e cultivá-lo”

Gênesis 2:15

RESUMO

Atualmente, os programas de melhoramento do feijão-caupi buscam a obtenção de cultivares que apresentem não só elevadas produtividades, mas também porte ereto e ciclo precoce. Isto porque além de facilitar a colheita manual e mecânica, possibilita que a planta permaneça menos tempo em campo reduzindo as consequências de efeitos bióticos e abióticos negativos. Assim, a utilização de ferramentas que facilitem o processo seletivo é imprescindível para o trabalho do melhorista. Neste sentido, a correlação entre caracteres é uma boa alternativa para tal propósito, pois além de possibilitar identificar caracteres relacionados que são de mais fácil mensuração, torna possível a seleção precoce. Com isso, objetivou-se comparar as relações entre caracteres determinantes do ciclo e porte em progênies de feijão-caupi com níveis diferentes de homozigose. Para isso, foram utilizadas 10 progênies de feijão-caupi previamente selecionadas e extraídas de um dialelo completo realizado entre os genitores CE-542, CE-796, CE-945, CE-954, F4RC1 e MNC03-737E-5-10. Essas dez progênies foram selecionadas na geração F_3 , obtendo ao término do ciclo sementes $F_{3:4}$. Ao final desta primeira avaliação, foram obtidas as sementes $F_{3:5}$, que na ausência de seleção foram mais uma vez avaliadas na presença daquelas testemunhas. Ambos os ensaios foram realizados no município de Marco-CE, na região do perímetro irrigado do Acaraú, no delineamento em blocos casualizados com três repetições. Os caracteres agrônômicos avaliados foram: número de dias para o florescimento (NDF), número de dias para maturação (NDM), altura de planta (ALT), comprimento de vagem (CPV), número de grãos por vagem (NGV), massa de cem grãos (M_{100G}) e massa total de grãos (M_{TOTAL}). Com as médias de cada caráter mensurado, foram obtidas as correlações entre os mesmos para as duas gerações e, posteriormente, o diagrama de trilha tendo M_{TOTAL} como variável principal. Foi observado que as associações entre CPV e M_{100G} e entre NGV e M_{TOTAL} apresentaram correlações positivas, podendo ser utilizadas em programas de melhoramento em ambos os níveis de homozigose estudados. Na análise de trilha observou-se que a geração mais indicada para uso da seleção indireta seria a $F_{3:5}$ e o caráter ALT foi que mais se destacou. Isto indica que a seleção indireta tomando como base esse caráter nesse nível de homozigose acarretaria em ganhos genéticos significativos em M_{TOTAL} .

Palavras-chave: Melhoramento genético. Progênies segregantes. *Vigna Unguiculata L.*

ABSTRACT

Currently, cowpea breeding programs seek to obtain cultivars that have not only high productivity, but also erect and early cycle. This is because besides facilitating manual and mechanical harvesting possible that the plant remains less time field reducing negative consequences of biotic and abiotic effects. Thus, the use of tools to facilitate the selection process is essential for the work of the breeder. In this sense, the correlation between characters is a good alternative for this purpose, as well as enabling identify related characters that are easier to measure, makes it possible for early selection. It aimed to compare the relationship between determinants of the cycle characteristics and size in cowpea progenies with different levels of homozygosity. For this, we used 10 cowpea progenies previously selected and extracted from a complete diallel conducted among parents CE-542, CE-796, CE-945, CE-954, F4RC1 e MNC03-737E-5-10. These ten progenies were selected generation F_3 , getting to the end of the seed cycle $F_{3:4}$. At the end of the first evaluation, the seeds were obtained $F_{3:5}$, in the absence of selection were again evaluated in the presence of these witnesses. Both tests were carried out in the municipality of Marco-CE, in irrigated perimeter region of the Acaraú, in a randomized block design with three replications. The agronomic traits were: number of days to flowering (NDF), number of days to maturity (NDM), plant height (ALT), pod length (CPV), number of seeds per pod (NGV), mass hundredfold (M_{100G}) and total mass of grain (M_{TOTAL}). With the means of each character measured the correlations were obtained between them for two generations and then the track diagram with M_{TOTAL} as the main variable. It was observed that the associations between CPV and M_{100G} and between NGV and M_{TOTAL} showed positive correlations and can be used in breeding programs in both homozygous levels studied. In path analysis it was observed that the generation most suitable for the use of indirect selection would be $F_{3:5}$ and the ALT character was one that stood out. This indicates that indirect selection on the basis that character that homozygosity level would result in significant genetic gains in M_{TOTAL} .

Keywords: Genetic improvement. Segregating progenies. *Vigna unguiculata* L.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – (A) Início de floração, (B) Início de maturação, (C) Estágio de maturação, (D) Comprimento de vagens, (E) Número de grãos por vagens, (F) Massa de cem grãos.....	23
--	----

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 – Resumo das análises de variâncias para os caracteres número de dias para o florescimento (NDF), número de dias para maturação (NDM), altura de planta (ALT), comprimento de vagem (CPV), número de grãos por vagem (NGV), massa de cem grãos (M_{100G}) e massa total de grãos (M_{TOTAL}), avaliados em 10 progênies $F_{3:4}$ de feijão-caupi..... 25
- Tabela 2 – Resumo das análises de variâncias para os caracteres número de dias para o florescimento (NDF), número de dias para maturação (NDM), altura de planta (ALT), comprimento de vagem (CPV), número de grãos por vagem (NGV), massa de cem grãos (M_{100G}) e massa total de grãos (M_{TOTAL}) avaliadas em 10 progênies $F_{3:5}$ de feijão-caupi..... 26
- Tabela 3 – Coeficientes de correlações fenotípicas de Pearson entre os caracteres número de dias para o florescimento (NDF), número de dias para maturação (NDM), altura de planta (ALT), comprimento de vagem (CPV), número de grãos por vagem (NGV), massa de cem grãos (M_{100G}) e massa total de grãos (M_{TOTAL}), avaliadas em 10 progênies $F_{3:4}$ (diagonal superior) e $F_{3:5}$ (diagonal inferior) de feijão-caupi..... 27
- Tabela 4 – Estimativas dos efeitos diretos e indiretos sobre o caráter principal massa total de grãos (M_{TOTAL}) e os caracteres independentes explicativos: número de dias para o florescimento (NDF), número de dias para maturação (NDM), altura de planta (ALT), comprimento de vagem (CPV), número de grãos por vagem (NGV) e massa de cem grãos (M_{100G}), avaliadas em 10 progênies $F_{3:4}$ e $F_{3:5}$ de feijão-caupi..... 31

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1	Aspectos gerais da cultura do feijão-caupi (<i>Vigna Unguiculata</i> L.)	14
2.1.1	<i>Clima e solos</i>	15
2.1.2	<i>Caracteres morfoagronômicos</i>	15
2.2	Melhoramento genético do feijão-caupi	16
2.2.1	<i>Métodos de condução de população segregante</i>	17
2.3	Relação entre caracteres	18
2.3.1	<i>Análise de trilha</i>	19
3	MATERIAL E MÉTODOS	20
3.1	Material genético e obtenção de progênies F_{3:4}	20
3.2	Material genético e obtenção de progênies F_{3:5}	21
3.3	Caracteres avaliados	21
3.4	Análises estatísticas	22
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
5	CONCLUSÕES	33
6	REFERÊNCIAS	34

1. INTRODUÇÃO

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.) é uma leguminosa com adaptação ampla às regiões tropicais e subtropicais do mundo e com grande importância social, cultural e econômica, principalmente para as regiões Norte e Nordeste do Brasil (BARROS, 2009). É uma espécie de origem africana com poucas exigências nutricionais e adaptada a baixa disponibilidade hídrica, além de ser capaz de manter associação com bactérias presentes no solo, o que possibilita a fixação biológica de nitrogênio (SOUZA, 2005; FREIRE FILHO *et al.*, 2009).

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de feijão-caupi, sendo superado apenas por Nigéria e Níger (SILVA, 2014). Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (2016) a produção estimada de grãos de feijão-caupi para a safra brasileira 2014/2015 foi de 532,2 mil toneladas. Comparada a outras culturas de importância econômica no Brasil, a produção anual do feijão-caupi é ainda baixa. Contudo, a utilização de cultivares melhoradas associada a tecnologias que propiciem o desenvolvimento do máximo potencial produtivo, em sistema mecanizado, impulsionam o aumento da produtividade média brasileira (FREIRE FILHO *et al.*, 2012).

É necessário que sejam disponibilizadas aos agricultores cultivares que, além de apresentarem alta produtividade, se adéquem a um sistema produtivo mais tecnológico (DIAS *et al.*, 2015). Recentemente os trabalhos em melhoramento genético progredem no desenvolvimento de novas cultivares que associem o porte ereto com o ciclo precoce, possibilitando a colheita mecanizada, tratos culturais mais simples e redução da aplicação de defensivos (FREIRE FILHO *et al.*, 2011).

A utilização de ferramentas que auxiliem os melhoristas a reduzir o tempo dos programas, promovendo uma redução de gastos e possibilitando a obtenção de resultados expressivos é de fundamental importância para os programas de melhoramento. As relações entre caracteres como os coeficientes de correlações e a análise de trilha são algumas das ferramentas úteis ao trabalho dos melhoristas (OLIVEIRA *et al.*, 2013). Nesse sentido, estudar os efeitos de correlação e de relações direta e indireta entre os caracteres agronômicos é importante por possibilitar ao melhorista conhecer como a seleção para um caráter influencia a expressão de outros.

Nos programas de melhoramento de espécies autógamas são obtidos híbridos por meio de autofecundações, com avanço de gerações, até atingir alto nível de homoziguidade e efetuar seleção de linhagens superiores (BORÉM; MIRANDA, 2013). Geralmente, o melhorista conduz a população até a fase F₅ ou F₆, quando a taxa de homozigotos é bem alta, para aí fazer a seleção de plantas individuais que darão origem a novas linhagens (BESPALHOK; GUERRA; OLIVEIRA, 2013). Ter conhecimento de estudos genéticos, como a correlação entre caracteres, em diferentes níveis de homozigose pode revelar ao melhorista a necessidade de se conduzir ou não as populações por mais gerações para efetuar uma seleção acurada.

Portanto, objetivou-se com esse estudo comparar as relações entre caracteres determinantes do ciclo e porte em progênies de feijão-caupi em níveis diferentes de homozigose.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 – Aspectos gerais da cultura do feijão-caupi (*Vigna Unguiculata* L.)

O feijão-caupi apresenta larga importância socioeconômica, pois é considerado um fixador de mão de obra, alimento básico para as famílias de baixa renda e um dos principais grãos cultivados principalmente nas regiões Norte e Nordeste do país (RIBEIRO *et al.*, 2002; FREIRE FILHO *et al.*, 2009). Os países da Ásia e da África são os principais cultivadores dessa leguminosa, sendo esse último continente considerado seu centro de diversidade (MOSTASSO *et al.*, 2002). Mesmo apresentando escassez de água, Piauí, Bahia e Maranhão são os maiores produtores nacionais dessa leguminosa (CONAB, 2015), o que comprova sua rusticidade e tolerância a condições adversas.

O feijão-caupi é uma ótima fonte de proteínas (23-25%), possui todos os aminoácidos essenciais, carboidratos (62%, em média), vitaminas e minerais, além de possuir baixa quantidade de gordura (teor de óleo em torno de 2%) e não conter colesterol (ANDRADE JUNIOR *et al.*, 2002). Além das vantagens nutricionais, essa leguminosa apresenta ampla adaptação edafoclimática (BEZERRA *et al.*, 2008), o que possibilita seu cultivo ao longo de todo o ano, em quase todas as regiões brasileiras. Cerca de 60% das áreas agricultáveis na região Nordeste são usadas para o cultivo de feijão-caupi, o que representa 26,8% da área total plantada no Brasil. Em estados como Ceará, Piauí, Maranhão e Rio Grande do Norte esta ocupação pode ultrapassar os 90% (ROCHA *et al.*, 2008).

Em relação às preferências do mercado, é possível através de contato com produtores, compradores e distribuidores identificar algumas tendências comerciais como grãos de cor marrom clara, grãos do tipo sempre-verde ou grãos brancos, e com tamanho correspondente a massa de 100 grãos em torno de 18g (FREIRE FILHO, 1997). Já em relação à comercialização, esta se dá sob a forma de grãos secos, grãos imaturos, os quais compõem o principal mercado para a cultura conhecidos como feijão fresco ou feijão verde, a farinha para acarajé e sementes (NAPOLEÃO *et al.*, 2010). Com preços atrativos, o mercado desperta otimistas perspectivas de expansão do consumo e do processamento industrial para o produtor (ANDRADE *et al.*, 2010).

Na região dos cerrados, por exemplo, o baixo custo de produção quando comparado a outras leguminosas, o ciclo rápido de maturação, o elevado retorno financeiro e a possibilidade de cultivo em safrinha são razões que contribuiram para que a cultura tenha se tornado atraente para os agricultores, o que vem causando franca expansão nessa região

(ROCHA, 2013). Outra vantagem é a diversidade de finalidades agrícolas apresentadas pela cultura, tais como: produção de forragem verde, feno, silagem, farinha para alimentação animal e, ainda, adubação verde e proteção do solo (ANDRADE JÚNIOR, 2000).

2.1.1 Clima e solos

O feijão-caupi, tem seu cultivo efetivo em praticamente todos os tipos de solos, com destaque para os Latossolos Amarelos, Latossolos Vermelho-Amarelos, Argissolos Vermelho-Amarelos e Neossolos Flúvicos (ARAGÃO, 2016). Entre os elementos de clima conhecidos, os que mostram maior influência no desenvolvimento da cultura são a precipitação e a temperatura do ar. Outros elementos do clima que influenciam no crescimento e desenvolvimento dessa cultura são o fotoperíodismo, a radiação solar e o vento (RIBEIRO, 2002).

A cultura se adapta bem em diferentes regiões, desde a latitude 40° N até 30° S, com boa adaptação tanto às terras altas como às baixas (CARDOSO *et al.*, 2005). Bastos (1999) verificou bom desenvolvimento da cultura em uma faixa de temperatura de 20 a 35° C. Durante o ciclo do feijão-caupi é necessário uma precipitação mínima de 300 mm para que se tenha uma produção satisfatória. Portanto, regiões que apresentam uma precipitação média anual oscilando entre 250 a 500 mm têm capacidade para o cultivo sem auxílio de irrigação (FANCELLI; DOURADO NETO, 1997).

2.1.2 – Caracteres morfoagronômicos

O feijão-caupi é uma espécie anual, herbácea e autógama, a qual apresenta ocorrência de cleistogamia, que é a abertura da flor após a autofecundação, apresentando assim ocorrência de menos de 1% de cruzamento natural, o qual é praticado por insetos (ROCHA, 2013). Seu hábito de crescimento pode ser indeterminado, ou seja, o ramo principal continua crescendo até o final do ciclo, ou determinado, quando a planta para de crescer após a emissão da inflorescência na extremidade da haste principal (FREIRE FILHO *et al.*, 2005).

A arquitetura da planta é bastante variável entre os cultivares (ARAÚJO, 1979). Os tipos de porte encontrados para a cultura podem ser classificados como ereto, semiereto, semiprostrado e prostrado (FREIRE FILHO *et al.*, 2005). Existe uma tendência no aumento da utilização de operações mecanizadas nas etapas do cultivo da cultura (MATOS, 2009). Devido essa tendência, a necessidade de buscar cultivares que apresentem porte ereto é crescente, pois, isso possibilita a mecanização de todas as etapas de cultivo, reduz a incidência de doenças devido à maior aeração e aumenta a absorção de luz ocasionando crescimento na

produção de fotoassimilados (MACHADO *et al.*, 2008). Ribeiro *et al.* (2012) destacam também a possibilidade de maior adensamento populacional, para o cultivo de variedades com este porte.

Segundo Matos (2016) plantas que permanecem por menos tempo em campo minimizam os riscos de perdas. Portanto, o produtor que trabalha com uma cultivar de feijão-caupi que apresenta ciclo precoce está em vantagem. Ademais, com ciclo precoce a planta alcança maturidade com cerca de 61 a 70 dias, o que torna possível produzir duas vezes em um curto período, caso o produtor observe vantagens de preço e necessidade do mercado (FREIRE FILHO *et al.*, 2005). Foi observado por Napoleão *et al.* (2010) que estimaram parâmetros genéticos em caracteres associados com a produção de feijão fresco em 14 genótipos de feijão-caupi de vagem roxa e grãos brancos observaram a possibilidade de obter genótipos altamente produtivos e precoces para cultura do feijão-caupi.

Tradicionalmente, esta leguminosa granífera é cultivada em regime de sequeiro e com baixo nível tecnológico (BEZERRA *et al.*, 2008; CARDOSO, 2013), o que reflete geralmente em baixas produtividades. Para Freire Filho (2005), a cultura tem potencial para produzir acima de 6.000 kg/ha, mas hoje a média de rendimento do Brasil não supera os 1.204 kg/ha. É observado que devido à baixa fertilidade dos solos, práticas de manejo mal conduzidas, adoção de variedades não melhoradas, densidades desordenadas de plantas, dentre outros fatores, a cultura tende a apresentar baixo rendimento e oscilação anual de produção (CARDOSO, 2013).

2.2 – Melhoramento genético do feijão-caupi

Por esta ser uma cultura autógama, seu melhoramento é baseado na seleção de parentais, acompanhado da hibridação, formação de população segregante e avanço de gerações, junto ou não do processo seletivo para um ou mais caracteres (BERTINI *et al.*, 2010). Os estudos e programas de melhoramento genético da cultura são assistidos pela ampla variabilidade genética que a mesma apresenta para quase todos os caracteres de interesse agrônomico (CORREA, 2015; FREIRE FILHO *et al.*, 2009). Esses estudos e programas possibilitam a ampliação da área cultivada do feijão-caupi, por meio do surgimento de cultivares adaptadas a sistemas mais tecnificados (SILVA, 2014).

Com a expansão da cultura os produtores e consumidores vêm assumindo um novo perfil, e como consequência as demandas e os objetivos dos programas de melhoramento estão sendo alterados (MATOS, 2016). Tem-se conseguido, por meio dos

programas de melhoramento genético do feijão-caupi, obter cultivares com diversas características superiores, tais como: resistência a pragas e doenças, tolerância a altas temperaturas e ao estresse hídrico, melhoria da qualidade nutricional e maior estabilidade da produção (SILVA, 2014). Contudo, a associação de porte ereto e precocidade vem sendo de grande interesse para os programas de melhoramento (ANDRADE, 2010).

Por meio de mecanismos como os coeficientes de variação genética, correlação entre caracteres e herdabilidade é possível ter conhecimento da variabilidade genética, da existência de relações e do grau de expressão dos componentes genéticos dos caracteres (ROCHA *et al.*, 2003). Esses mecanismos auxiliam o pesquisador e aumentam a eficiência na obtenção de novas cultivares (KUREK, 2001), além de serem dadas bases para a realização da seleção precoce em uma população.

A seleção precoce é a seleção de progênies nas gerações segregantes iniciais. Segundo Donça (2012), com base nesta seleção são descartadas as progênies inferiores e os esforços e recursos podem ser alocados para aqueles caracteres cuja seleção é realizada apenas em gerações avançadas. Ntare *et al.* (1984a) avaliaram a eficiência da seleção em geração precoce em feijão-caupi e constataram correlações significativas entre plantas F_3 e as gerações mais avançadas. Isto indica que a seleção em geração precoce (F_3) para produtividade deve ser eficiente para a cultura. Em trabalho similar, Aremu (2011) observou em populações segregantes obtidas de dois cruzamentos de feijão-caupi, eficácia da seleção em gerações precoces para a produtividade e para os caracteres componentes da produtividade.

2.2.1 Métodos de condução de população segregante

No melhoramento de plantas autógamas os métodos podem ser divididos em duas categorias: a primeira, em que se pratica aumento da endogamia e seleção conjuntamente e a segunda em que se busca elevação da endogamia e seleção separadas. Entre os métodos de condução de populações segregantes que podem ser utilizados na cultura do feijão-caupi, podem-se destacar os métodos da população ou *bulk* e *single seed descent* (SSD) (MATOS, 2016), sendo os dois citados da segunda categoria.

Raposo, Ramalho e Abreu (2000) avaliaram a eficiência de cinco métodos de condução de populações segregantes na cultura do feijoeiro: genealógico, populacional ou *bulk*, SSD, *bulk* dentro de F_3 e *bulk* dentro de F_2 . Não foram observadas diferenças marcantes entre os métodos, contudo os métodos *bulk* e SSD foram os mais vantajosos. O método *bulk*

apresenta como duas das principais vantagens ser prático e simples, este permite o avanço de diversas populações simultaneamente com pouca mão de obra e sem imposição para grandes áreas (SOUSA, 2013). Este método aproveita as vantagens da seleção natural para identificação de genótipos superiores (BÓREM; MIRANDA, 2009).

De acordo com Brim (1966) o método SSD contorna problemas relacionados a amostragem. Algumas das principais vantagens deste método são a possibilidade de aplicá-lo em qualquer época do ano e/ou ambiente e ser de fácil condução, além de tornar possível chegar ao nível de homozigose desejado mais rapidamente (FEHR, 1987; BÓREM; MIRANDA, 2009). Na literatura é fácil encontrar autores que tenham utilizado e recomendam esses métodos para o feijão-caupi, como Ntare *et al.* (1984a) e Silva *et al.* (2014).

2.3 – Relações entre caracteres

Os valores da correlação estimam a intensidade e direção das relações linear e não-linear entre variáveis e também representam a variação conjunta entre estas variáveis (CHARNET *et al.*, 2008). É importante para o melhoramento genético a medição da distância e da intensidade de interação entre caracteres, pois possibilita a obtenção de ganhos para caracteres de interesse por meio da manipulação de outras características correlacionadas de fácil mensuração (SOUZA, 2013).

A correlação fenotípica entre caracteres é aquela que pode ser determinada de forma direta por meio da medida de dois caracteres determinando número de indivíduos de uma população (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2004). Observam-se causas genéticas e ambientais nesta correlação, as causas genéticas provavelmente estão relacionadas à pleiotropia e/ou ligações gênicas, sendo esta última uma causa transitória (FALCONER, 1987).

As estimativas de relações entre caracteres facilitam o processo de seleção de parentais, de mais de um caractere simultaneamente e de populações segregantes promissoras (BORA *et al.*, 1998; SILVA, 2011), como também a seleção para àqueles caracteres que apresentam baixa herdabilidade ou dificuldades de medição e identificação (SOUZA, 2005).

Com o avanço de gerações aumentam os *loci* em homozigose dos indivíduos, ou seja, aumenta-se o grau de endogamia. Assim, é provável que alelos deletérios antes mascarados pela heterozigose se manifestem com o aumento do nível de homozigose (ELER, 2014). Geralmente os métodos de condução de populações segregantes chegam a níveis elevados em homozigose para possibilitar eliminar esses alelos nas populações (BORÉM;

MIRANDA, 2013). Portanto, ter conhecimento das correlações em níveis de homozigose diferentes é bastante interessante dentro dos programas de melhoramento.

2.3.1 Análise de trilha

Por meio dos coeficientes de correlação não é possível determinar a importância dos efeitos diretos e indiretos dos fatores estudados. A correlação é somente uma medida de associação e, portanto, não possibilita conclusões sobre causa e efeito ou inferências sobre as associações que existem entre os caracteres (COIMBRA *et al.*, 2005). O desdobramento dos coeficientes de correlações é obtido por meio da análise de trilha que foi desenvolvida por Wright (1921) e detalhada por Li (1975).

Uma correlação alta entre dois caracteres pode ocorrer devido a efeitos indiretos de outros caracteres. Dessa forma, quando se utiliza apenas a interpretação de uma correlação simples é assumido o risco de ocorrerem equívocos (SANTOS, 2013). A análise de trilha tem como uma das principais utilidades a de possibilitar definir a estratégia mais eficiente na seleção de genótipos mais vantajosos para os programas de melhoramento (DE SOUZA, 2013).

A análise de trilha tem sido utilizada em estudos envolvendo os componentes de rendimento em várias culturas, como: amendoim (SANTOS *et al.*, 2000; GOMES & LOPES, 2005), canola (COIMBRA *et al.*, 2004), feijão comum (KUREK *et al.*, 2001; RIBEIRO *et al.*, 2001; FURTADO *et al.*, 2002) e feijão-caupi (OLIVEIRA *et al.*, 1990; BEZERRA *et al.*, 2001).

Ribeiro *et al.* (2012) estudaram a correlação simples e a análise de trilha no feijão-caupi em gerações F_2 , RC_1 e RC_2 visando auxiliar no desenvolvimento de genótipos adequados à colheita mecanizada. Os autores observaram a possibilidade de seleção de plantas que apresentam simultaneamente maior produção de grãos, precocidade, porte compacto e adequação à colheita mecanizada e semi-mecanizada.

Souza (2005) avaliou 39, 16 e 7 linhagens das gerações F_4 , F_3RC_1 e F_3RC_2 , respectivamente, por meio de análises de correlações entre os caracteres e análise de trilha entre rendimento de grãos e seus componentes primários e secundários em 62 populações de feijão-caupi. Os resultados demonstraram que a seleção para o aumento do número de vagens por planta traz ganhos para o rendimento de grãos.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 - Material genético e obtenção de progênies F_{3:4}

A partir de um dialelo completo realizado entre os genitores CE-542, CE-796, CE-945, CE-954, F4RC1 e MNC03-737E-5-10, e da seleção entre e dentro de progênies com base na precocidade e produtividade, foram obtidas dez progênies de feijão-caupi em F₃: CE – 542 X CE-796, CE-542 X CE-945, CE-542 X CE-954, CE-542 X MNC03-737E-5-10, CE-796 X CE-945, CE-796 X F4RC1, CE-796 X MNC03-737E-5-10, CE-954 X MNC03-737E-5-10, CE-796 X CE-954 e CE-945 X CE-954, as quais vieram a ser utilizadas nesse estudo, sendo as mesmas oriundas do trabalho de Dias (2009).

O experimento foi conduzido no município de Marco-CE (3°4'60" S e 40°4'51" W), nos meses de março a julho de 2014, mais precisamente no perímetro irrigado do Baixo Acaraú, que apresenta clima tropical quente semiárido, com precipitação média anual de 860 a 900 mm, 52 m de altitude e temperatura média de 27 °C, com período chuvoso compreendido entre os meses de fevereiro a abril (IPECE, 2009).

Para a avaliação das progênies foi utilizado o delineamento em blocos casualizados com três repetições, em que as parcelas foram compostas por uma fileira de 15m, adotando-se o espaçamento de 2,0 m entre fileiras e 0,30 m entre plantas. Os tratos culturais foram realizados de acordo com as recomendações de plantio da cultura na região. Assim, foi feita a adubação de plantio com fósforo e potássio, e adubação de cobertura com nitrogênio aos 15 dias da semeadura. Foram utilizadas duas sementes por cova, deixando-se apenas uma planta após a realização do desbaste, que se deu aos 21 dias após a semeadura.

A irrigação foi feita por aspersão convencional com turno de rega em média de cinco dias por duas horas. Para o controle de plantas invasoras foram realizadas capinas manuais da germinação ao início da maturação das vagens. Aplicou-se o inseticida ACTARA 250 WG para controle de pragas e, dessa forma, não foram observadas perdas consideráveis. A colheita das vagens ocorreu de forma individual em cada planta, evitando assim misturas de sementes de genótipos entre plantas de mesma progênie ou de progênies vizinhas. Ao final do ciclo, foram obtidas as sementes F_{3:4}.

3.2 - Material genético e obtenção de progênies F_{3:5}

Foi utilizado como material genético as sementes F_{3:4} provenientes das progênies do ciclo anterior. Utilizou-se o método SSD (*Single Seed Descent*) para obtenção das progênies F_{3:5}. Assim, foi coletada uma semente por planta que gerou posteriormente uma mistura de todos os indivíduos da progênie (ausência de seleção), proporcionando a manifestação de toda a variabilidade genética existente. A condução do experimento se deu também no município de Marco-CE, nos meses de fevereiro a junho de 2015, com as condições de tempo mais irregulares do que as do primeiro ensaio.

Foi utilizado o delineamento em blocos casualizados, em que as parcelas foram compostas por uma fileira de 12m, com espaçamento de 2m entre fileiras e 0,30m entre planta. Foi utilizado um número de plantas inferior ao adotado no primeiro ciclo devido à quantidade de sementes disponíveis. Isto porque ocorreu a retirada de apenas uma semente por planta e nem todas as progênies avaliadas anteriormente contavam com 50 plantas. Para cada progênie foram utilizadas três fileiras dispostas de forma casualizada, as quais formaram as três repetições. As testemunhas usadas nesse segundo ensaio foram as mesmas do primeiro.

Com o objetivo de manter a uniformidade das condições experimentais de um ano para o outro, foram adotadas as mesmas práticas de cultivo utilizadas no primeiro ensaio. Na condução do segundo ensaio não houve necessidade de irrigação, devido à ocorrência de adequadas precipitações na área. Para o controle do ataque de pragas, foram utilizados os inseticidas ACTARA 250 WG e ACEHERO, não sendo novamente observados danos consideráveis. O processo de colheita se deu de forma semelhante e foram adotados os mesmos caracteres para avaliação.

3.3 - Caracteres avaliados

Na avaliação das progênies (F_{3:4} e F_{3:5}) foram considerados os principais caracteres relacionados à redução do porte, precocidade e produtividade, sendo estes:

- Número de dias para início da floração (NDF): avaliado mediante contagem dos dias decorridos da semeadura ao surgimento da primeira flor na parcela (Figura 1A).
- Número de dias para maturação (NDM): avaliado pela contagem dos dias decorridos da semeadura ao surgimento da primeira vagem na parcela com mudança de coloração, indicando o início do processo de secagem (Figura 1B).

- Altura de planta (ALT): avaliada após as plantas atingirem o estágio de maturação (Figura 1C), no qual todas as plantas da parcela tiveram sua altura mensurada por meio do uso de régua, tomando como medida a distância do colo da planta ao ápice do ramo principal.
- Comprimento de vagem (CPV): avaliado mediante seleção aleatória de uma vagem de cada planta da parcela, mensurada com o auxílio de régua (Figura 1D).
- Número de grãos por vagem (NGV): avaliado pela contagem dos grãos, o qual se deu na mesma vagem selecionada para mensuração do comprimento (Figura 1E).
- Massa de 100 grãos (M_{100G}): avaliada por meio da contagem de 100 grãos de cada planta da parcela, os quais foram pesados em balança de precisão (Figura 1F). Algumas plantas produziram um número inferior a 100 grãos, nas quais foi contado o número de grãos produzidos e aferido seu respectivo peso, realizando-se posteriormente uma regra de três para obtenção da massa de 100 grãos.
- Massa total (M_{TOTAL}): avaliada mediante pesagem de todos os grãos produzidos por planta, sendo este caráter aferido em todas as plantas da parcela.

3.5 - Análises estatísticas

Os dados das variáveis avaliadas foram submetidos à análise de variância (ANOVA). Para a realização destas análises em cada geração de homozigose, isto é, F_{3:4} e F_{3:5}, foi considerado o seguinte modelo:

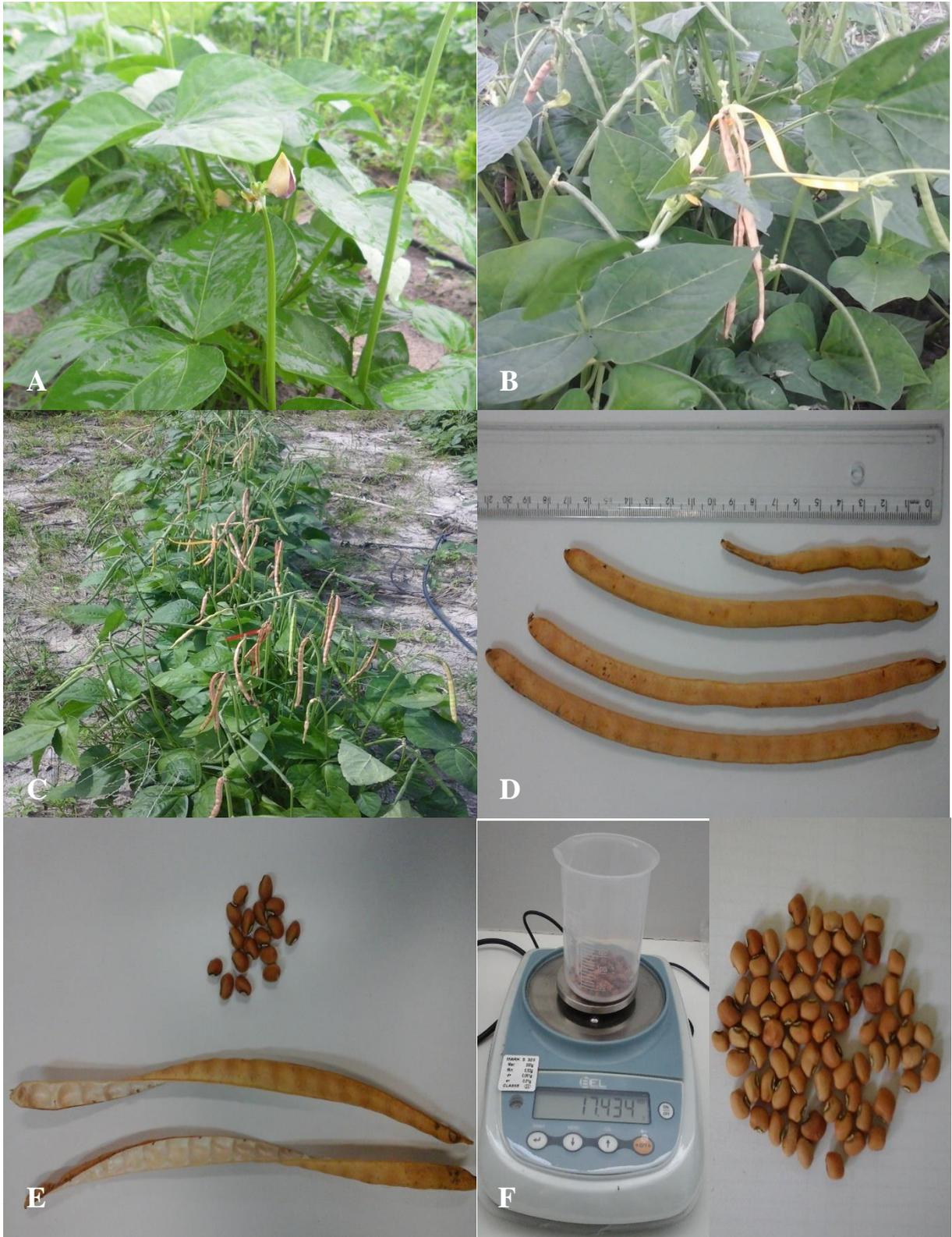
$$Y_{ij} = \mu + g_i + e_{ij}$$

em que, Y_{ij} é o valor observado para o caráter no i -ésimo genótipo, na j -ésima repetição; μ é a média geral para o caráter; g_i é o efeito do i -ésima progênie, considerado como de efeito aleatório, em que $g \sim \text{NID}(0, \sigma_g^2)$; e_{ij} é o efeito do erro (aleatório) associado à observação de ordem ij , em que $e \sim \text{NID}(0, \sigma_e^2)$.

Posteriormente procederam-se as análises de correlações fenotípicas de *Pearson*, conforme expressão abaixo:

$$r_f = \frac{PMG_{xy}}{\sqrt{QMG_x QMG_y}}$$

Figura 1. (A) Início da floração. (B) Início da maturação. (C) Estágio de maturação. (D) Comprimento de vagens. (E) Número de grãos por vagens. (F) Massa de 100 grãos.



Fonte: Matos, (2016).

em que: r_f : estimador da correlação fenotípica; PMG_{xy} : produto médio entre as progênies para os caracteres X e Y; QMG_x : quadrado médio entre as progênies para o caráter X; QMG_y : quadrado médio entre as progênies para o caráter Y.

A seguir, realizou-se a diagnose de multicolinearidade entre os caracteres explicativos e seu grau na matriz de correlação fenotípica foi estabelecido com base no número de condição (NC) (MONTGOMERY & PECK, 1981). O desdobramento das correlações fenotípicas, em efeitos diretos e indiretos dos caracteres explicativos sobre a massa total de grãos (caráter dependente), foi feito por meio da análise de trilha (WRIGHT, 1923).

As análises de variância foram realizadas com a utilização do programa estatístico computacional Statistical Analysis System (SAS) versão 9.1 (SAS, 2003). As diagnoses de multicolinearidade e as análises de trilha foram realizadas com auxílio do aplicativo computacional em Genética e Estatística GENES (CRUZ, 2013).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O efeito de progênie na geração F_{3:4} foi significativo ($p < 0,01$) para todos os caracteres estudados, com exceção da M_{TOTAL} (Tabela 1). Esses resultados evidenciam a existência de variabilidade genética entre as progênies e que possíveis ganhos com a seleção podem ser obtidos. No entanto, esse efeito na geração F_{3:5} foi significativo apenas para os caracteres CPV, NGV e M_{100G} (Tabela 2). Essa variabilidade genética parece ter sido reduzida significativamente de uma geração para outra, pois além das respostas entre a maioria dos caracteres ter sido semelhante, os coeficientes de herdabilidade reduziram consideravelmente. Muito provavelmente devido ao forte efeito do clima que foi mais instável no segundo ensaio e também ao aumento de homozigose de geração para geração que afetou as ligações gênicas.

Tabela 1. Resumo das análises de variâncias para os caracteres número de dias para o florescimento (NDF), número de dias para maturação (NDM), altura de planta (ALT), comprimento de vagem (CPV), número de grãos por vagem (NGV), massa de cem grãos (M_{100G}) e massa total de grãos (M_{TOTAL}), avaliadas em 10 progênies F_{3:4} de feijão-caupi. Fortaleza/CE, 2016.

FV	GL	QUADRADOS MÉDIOS						
		NDF	NDM	ALT	CPV	NGV	M _{100G}	M _{TOTAL}
Blocos	2	0,083	6,861	5,209	0,619	0,397	1,470	33,858
Progênie	11	11,848**	21,967**	161,370**	3,447**	4,828**	11,168**	171,579 ^{ns}
Resíduo	22	1,659	2,164	5,318	0,569	1,125	1,755	128,194
Média		41,5	65,1	30,8	19,2	13,5	18,4	32,8
CV(%)		3,1	2,3	7,5	3,9	7,9	7,2	34,5
Herdabilidade		85,9	90,1	96,7	83,5	76,7	84,3	25,3
Valor <i>b</i> (CVg/CVe)		1,43	1,74	3,12	1,29	1,04	1,34	0,34

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. ^{ns} não significativo.

O coeficiente de variação dá uma ideia da precisão experimental. Os coeficientes de variação do primeiro e segundo ensaio oscilaram de 2,3 a 34,5% (F_{3:4}) e de 2,3 a 28,4% (F_{3:5}). Segundo Pimentel-Gomes (1982), valores de coeficientes de variação inferior a 10% são considerados baixos e aqueles que variam de 20-30% ou os superiores a 30% são considerados altos ou muito altos, respectivamente. Os valores altos de CV% se devem ao fato da M_{TOTAL} ser de natureza quantitativa e, por isso, sofrer bastante influência do ambiente. Quanto aos demais valores, estes se encontram dentro da amplitude observada por outros

autores para características de produção no feijão-caupi como Souza (2005), Barros (2012), Sousa (2013) e Barros *et al.* (2013).

Tabela 2. Resumo das análises de variâncias para os caracteres número de dias para o florescimento (NDF), número de dias para maturação (NDM), altura de planta (ALT), comprimento de vagem (CPV), número de grãos por vagem (NGV), massa de cem grãos (M_{100G}) e massa total de grãos (M_{TOTAL}), avaliadas em 10 progênes F_{3:5} de feijão-caupi. Marco/CE, 2016.

FV	GL	QUADRADOS MÉDIOS						
		NDF	NDM	ALT	CPV	NGV	M _{100G}	M _{TOTAL}
Blocos	2	3,861	1,028	20,405	0,353	0,285	0,469	74,321
Progênie	11	4,293 ^{ns}	0,444 ^{ns}	23,010 ^{ns}	4,709 ^{**}	4,165 ^{**}	5,108 ^{**}	84,513 ^{ns}
Resíduo	22	2,528	0,967	9,375	0,658	1,195	1,302	57,619
Média		44,6	65,1	30,5	19,6	14,6	15,6	26,7
CV(%)		3,6	2,3	10,0	4,1	7,5	6,9	28,4
Herdabilidade		41,1	-	59,3	86,0	71,3	74,5	31,8
Valor <i>b</i> (CVg/CVe)		0,48	-	0,69	1,43	0,91	0,99	0,39

^{**} Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. ^{ns} não significativo.

O valor *b* ou potencial de seleção no ensaio se refere a relação entre os coeficientes de variação genético e ambiental. Relações com valores maiores que um, são desejáveis e significa que as condições estão propícias à seleção (VENCOVSKY; BARRIGA, 1992). No presente trabalho o valor *b* foi maior que um para todos os caracteres na geração F_{3:4}, com exceção da M_{TOTAL}. No entanto, na geração F_{3:5} mostrou-se favorável apenas o CPV. Provavelmente, boa parte da variabilidade genética presente na geração F_{3:4} se deveu a efeitos genéticos não aditivos, que por sua vez foram perdidos na geração seguinte. Isto pode ser confirmado pelos coeficientes de herdabilidade, que no geral foram menores que os detectados na geração F_{3:4}. Vale salientar que a distribuição das chuvas no segundo ensaio foi bastante irregular. Assim, acredita-se que mesmo na ausência de seleção, parte dessa variabilidade genética deva ter sido consumida pela adversidade ambiental.

A obtenção de cultivares mais produtivas é uma das principais metas em programas de melhoramento. De acordo com Coimbra *et al.* (1999), as correlações são explicadas pelo efeito aditivo dos genes, que pode afetar a expressão de mais de um caráter. A existência da correlação pode vir a dificultar ou a facilitar o processo de seleção de caracteres em associação (YOKOMIZO *et al.*, 2000). No que diz respeito aos coeficientes de correlações

fenotípicas entre os caracteres estudados, observou-se que nas progênies $F_{3:4}$ houve correlação positiva entre ALT e NDM, M_{100G} e CPV e M_{TOTAL} e NGV (Tabela 3). Para geração $F_{3:5}$, as correlações significativas foram entre NDF e CPV, NDF e M_{100G} , NDM e M_{100G} , ALT e NGV, ALT e M_{TOTAL} , CPV e M_{100G} e NGV e M_{TOTAL} .

Tabela 3. Coeficientes de correlações fenotípicas de *Pearson* entre os caracteres número de dias para o florescimento (NDF), número de dias para maturação (NDM), altura de planta (ALT), comprimento de vagem (CPV), número de grãos por vagem (NGV), massa de cem grãos (M_{100G}) e massa total de grãos (M_{TOTAL}), avaliadas em 10 progênies $F_{3:4}$ (diagonal superior) e $F_{3:5}$ (diagonal inferior) de feijão-caupi. Marco/CE, 2016.

	NDF	NDM	ALT	CPV	NGV	M_{100G}	M_{TOTAL}
NDF		0,217	-0,505	0,405	0,489	0,349	-0,023
NDM	0,205		0,695*	-0,243	0,210	-0,096	0,338
ALT	0,139	0,127		-0,454	-0,093	-0,366	0,382
CPV	-0,722**	-0,280	0,253		0,058	0,827**	-0,281
NGV	0,318	0,242	0,901**	0,037		-0,162	0,733**
M_{100G}	-0,650*	-0,600*	0,061	0,663*	-0,135		-0,407
M_{TOTAL}	0,056	0,194	0,890**	0,172	0,881**	0,166	

** e * significativos a 1 e a 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t. Os demais foram não significativos.

Na geração $F_{3:4}$ a correlação entre NDM e ALT indica que as plantas que maturam tarde possuem maior altura e inversamente as que maturam mais cedo são mais baixas. Esses resultados foram obtidos provavelmente porque as plantas que passam mais tempo em campo acumulam mais fotoassimilados por meio da fotossíntese, assim apresentam maior biomassa e portando possuem maior produção. Esta correlação foi significativa apenas na geração $F_{3:4}$. Isso pode ser consequência de vários fatores, tais como: recombinação gênica no decorrer do aumento da homozigose; perda de interações gênicas (aditivo x dominante, dominante x dominante) ou ainda perda de desvios de dominância. Assim, torna-se necessário avançar mais o nível em homozigose para estabelecer relações mais precisa entre alguns pares de caracteres.

A correlação positiva entre M_{TOTAL} e NGV, nas gerações $F_{3:4}$ e $F_{3:5}$, indica que a seleção para aumentar o número de grãos por vagem aumentará a massa total de grãos. Souza (2005) estimou a variabilidade e as correlações fenotípicas, genotípicas e ambientais, em feijão-caupi, visando posterior seleção de linhagens para produção de grãos verdes e observou resultados significativos para esse par de caracteres. Foram avaliadas 64 linhagens, sendo 39

em F₄, 16 em F₃RC₁, 07 em F₃RC₂, e mais dois parentais. Assim, como Matos Filho (2008), que estudou três linhagens e 348 progênies na geração F₃ e F₂RC₁ de feijão-caupi e constatou uma correlação positiva entre ambos os caracteres supracitados.

Ao selecionar as progênies com maiores CPV são identificadas também aquelas que apresentam maior M₁₀₀G, em ambas as gerações estudadas. Esse é um resultado esperado, pois com o aumento da parte interna da vagem, maior “espaço” haverá para o crescimento e desenvolvimento das sementes. Lopes *et al.* (2001) também obtiveram resultados semelhantes quando estudaram o potencial genético de 28 linhagens de feijão-caupi por meio de índices de correlações, com correlação fenotípica positiva de 0,763. Santos *et al.* (2004) estimaram correlações fenotípicas em gerações F₂, F₃, F₄ e F₅ de progênies de feijão-caupi dos cruzamentos de CB5 x Balinha e TE 90-180-26F x EPACE 10. Para o cruzamento, TE 90-180-26F x EPACE 10, estes autores encontraram estimativas significativas da correlação entre CPV e M₁₀₀G na geração F₃ a F₅.

Nas progênies F_{3:5}, entre os caracteres NDF e CPV, a correlação foi negativa, evidenciando que a seleção para precocidade pode resultar em vagem maiores. Correa *et al.* (2015) estimaram a variabilidade genética em uma população de feijão-caupi com 20 genótipos (11 cultivares e 9 linhagens) e observaram correlações fenotípicas negativas entre esses dois caracteres. Assim como Silva *et al.* (2014) que estimaram parâmetros genéticos e correlações entre componentes da produção e arquitetura da planta em 8 linhagens de feijão-caupi.

A correlação entre NDF e M₁₀₀G assim como entre NDM e M₁₀₀G, na geração F_{3:5}, foram negativas, o que significa dizer que plantas que demoram menos para maturar ou florescer, possuem maior massa de grãos. Isto implica dizer que as progênies mais precoces entre as estudadas seriam aquelas que apresentam maior produção. Correa *et al.* (2012) com o objetivo de avaliar o potencial para o melhoramento genético de uma população composta por 19 genótipos de feijão-caupi de porte ereto e semiereto, estimaram parâmetros genéticos e correlações entre caracteres. Os autores encontraram estimativas negativas para a correlação entre dias para maturação e a massa de cem grãos. No mesmo sentido, Lopes *et al.* (2001) também encontraram correlação negativa entre os caracteres dias para florescimento e massa de cem grãos em 28 linhagens de feijão-caupi.

Na geração F_{3:5} também observou-se alta correlação positiva entre os caracteres ALT e NGV, indicando que a seleção para plantas mais altas reflete em maior número de grãos por vagem. O caráter ALT também apresentou correlação positiva e forte com a

M_{TOTAL} . Tal fato mostra que caracteres relacionados à arquitetura da planta, como altura de planta devem ser considerados na seleção indireta visando o aumento na produção de grãos. De acordo com Machado *et al.* (2008), torna-se possível desse modo identificar linhagens altamente produtivas em condições iniciais, o que normalmente não ocorre em programas de melhoramento. Esses mesmos autores obtiveram resultados semelhantes para ALT e caráter produtivo quando avaliaram 33 genótipos do Banco Ativo de Germoplasma de feijão-caupi da Embrapa Meio-Norte.

O desdobramento das correlações fenotípicas (Tabela 4) mostrou que o caráter NDF expressa efeitos diretos negativos quase semelhantes sobre a M_{TOTAL} em ambos os níveis de homozigose estudados. Portanto, é possível selecionar plantas mais produtivas e mais precoces entre as progênies estudadas. Entretanto, para a geração $F_{3:5}$ observa-se um efeito total positivo devido aos caracteres NDM, ALT, CPV e NGV que contrabalancearam o efeito direto negativo. Assim como no primeiro nível de homozigose estudado, o efeito direto do NDM sobre a M_{TOTAL} apresentou a mesma magnitude e direção do caráter NDF em $F_{3:4}$. Mas este caráter apresentou relação final positiva com a M_{TOTAL} , pois foi contrabalanceado pelos efeitos indiretos ALT, CPV e NGV. Estes dados indicam que os fatores causais indiretos positivos devem ser considerados simultaneamente, durante o processo de seleção (BEZERRA *et al.*, 2001).

Os coeficientes de determinação encontrados indicam que mais de 80% da massa total de grãos observada é decorrente dos efeitos das variáveis independentes explicativas em ambas as gerações. Portanto, estas variáveis causam elevada influência na variação do caráter principal, a M_{TOTAL} . Os valores do efeito residual encontrados são considerados baixos e portanto a confiabilidade dos resultados torna-se alta para este estudo, também em ambas as gerações. Contudo é imprescindível destacar que os valores de coeficiente de determinação e de efeito residual foram melhores para a geração $F_{3:5}$.

Oliveira *et al.* (2013) constataram em feijão-caupi pela análise de trilha efeito negativo entre a produtividade e a altura de planta, mas recomendaram não desconsiderar a estimativa, pois a seleção simultânea poderia proporcionar resultados satisfatórios. Ribeiro *et al.* (2012) analisaram correlações fenotípicas e trilha para seis caracteres de feijão-caupi em diferentes gerações, F_2 , RC1 e RC2 e observaram que as correlações indicaram a possibilidade da seleção de plantas produtivas e precoces, pois os valores foram significativos e negativos em duas gerações analisadas, para o caráter NDM e a variável produtiva principal.

A correlação fenotípica positiva e significativa entre ALT e M_{TOTAL} nas duas gerações estudadas é reflexo dos efeitos diretos e também dos indiretos dos caracteres estudados. Na geração $F_{3:5}$ o efeito total foi muito superior ao observado na geração anterior, devido ao fato de que NGV, M_{100G} e NDM exercerem efeito positivo impactante na relação. Segundo Cabral *et al.* (2011), quando um caráter auxiliar com alta herdabilidade correlaciona-se com um caráter de interesse que apresente baixa herdabilidade torna-se vantajoso para processo de seleção indireta, por meio do caráter auxiliar.

Tabela 4. Estimativas dos efeitos diretos e indiretos sobre o caráter principal massa total de grãos (M_{TOTAL}) e os caracteres independentes explicativos: número de dias para o florescimento (NDF), número de dias para maturação (NDM), altura de planta (ALT), comprimento de vagem (CPV), número de grãos por vagem (NGV), massa de cem grãos (M_{100G}), avaliadas em 10 progênies $F_{3:4}$ e $F_{3:5}$ de feijão-caupi. Marco/CE, 2016.

Caráter	Efeitos de associação	$F_{3:4}$	$F_{3:5}$
NDF	Direto sobre M_{TOTAL}	-0,169	-0,157
	Indireto via NDM	-0,037	0,045
	Indireto via ALT	-0,228	0,057
	Indireto via CPV	-0,078	0,220
	Indireto via NGV	0,451	0,185
	Indireto via M_{100G}	0,038	-0,293
	Total	-0,023	0,056
NDM	Direto sobre M_{TOTAL}	-0,169	0,219
	Indireto via NDF	-0,037	-0,032
	Indireto via ALT	0,314	0,052
	Indireto via CPV	0,047	0,085
	Indireto via NGV	0,193	0,141
	Indireto via M_{100G}	-0,010	-0,270
	Total	0,338	0,194
ALT	Direto sobre M_{TOTAL}	0,452	0,409
	Indireto via NDF	0,085	-0,022
	Indireto via NDM	-0,117	0,028
	Indireto via CPV	0,087	-0,077
	Indireto via NGV	-0,085	0,525
	Indireto via M_{100G}	-0,040	0,028
	Total	0,382	0,890
CPV	Direto sobre M_{TOTAL}	-0,192	-0,304
	Indireto via NDF	-0,068	0,114
	Indireto via NDM	0,041	-0,061
	Indireto via ALT	-0,205	0,104
	Indireto via NGV	0,053	0,022
	Indireto via M_{100G}	0,090	0,299
	Total	-0,281	0,172

Continua

Tabela 4. Estimativas dos efeitos diretos e indiretos sobre o caráter principal massa total de grãos (M_{TOTAL}) e os caracteres independentes explicativos: número de dias para o florescimento (NDF), número de dias para maturação (NDM), altura de planta (ALT), comprimento de vagem (CPV), número de grãos por vagem (NGV), massa de cem grãos (M_{100G}), avaliadas em 10 progênies $F_{3:4}$ e $F_{3:5}$ de feijão-caupi. Marco/CE, 2016.

NGV	Direto sobre M_{TOTAL}	0,921	0,582
	Indireto via NDF	-0,083	-0,050
	Indireto via NDM	-0,035	0,053
	Indireto via ALT	-0,042	0,368
	Indireto via CPV	-0,011	-0,011
	Indireto via M_{100G}	-0,018	-0,061
Total		0,733	0,881
M_{100G}	Direto sobre M_{TOTAL}	0,109	0,451
	Indireto via NDF	-0,059	0,102
	Indireto via NDM	0,016	-0,131
	Indireto via ALT	-0,165	0,025
	Indireto via CPV	-0,158	-0,202
	Indireto via NGV	-0,149	-0,079
Total		-0,407	0,166
Coeficiente de determinação		0,804	0,933
Efeito residual		0,442	0,259

Pode-se observar efeito direto negativo entre CPV e M_{TOTAL} , em ambas as gerações estudadas. Isto indica que a seleção indireta para menor comprimento de vagem acarretaria em maior produção para as progênies estudadas. Entretanto, é importante salientar que os valores de efeito direto e efeito total entre esse caráter e a M_{TOTAL} , para os dois níveis de homozigose estudados, foram de baixa magnitude (valores inferiores a 0,4) (SOUZA, 2005). Assim, pode-se concluir que a seleção indireta sobre o CPV não influencia de forma considerável a M_{TOTAL} para as progênies estudadas, em nenhuma das gerações.

Na geração $F_{3:4}$ observou-se que NGV expressou um efeito direto positivo e de alta magnitude sobre M_{TOTAL} . Santos (2013) analisou uma trilha em 20 genótipos de feijão-caupi e observou efeito direto positivo e também de alta magnitude entre NGV e a produtividade. Entretanto, esse efeito direto foi contrabalanceado pelos efeitos indiretos dos outros caracteres estudados pelo autor, se tornando negativo na correlação total. Neste trabalho houve contrabalanceamento das outras variáveis sobre essa correlação direta tornando o efeito final menos expressivo.

Para a geração $F_{3:5}$ constatou-se um efeito total de maior grandeza comparado a geração anterior. Contudo, o efeito direto do NGV foi menor, sendo compensado pelos caracteres de efeito indireto (NDM e ALT). Esse caráter apresentou correlação total positiva

de alta magnitude ($r > 0,7$) com M_{TOTAL} . Segundo Cardoso *et al.* (2005), a produtividade do feijão-caupi resulta do número de vagens por área, do número de grãos por vagem e da massa de 1.000 grãos. Assim, considerar essa correlação total positiva para realizar uma seleção indireta a fim de obter genótipos de alta produção é uma escolha eficiente.

Quando um caráter exerce efeito direto positivo sob aquele dependente, mas uma correlação final de efeito negativo, recomenda-se utilizar uma seleção restrita, com o intuito de eliminar os efeitos indiretos indesejáveis e aproveitar assim o efeito direto existente (VENCOVSKY; BARRIGA, 1992). Isso ocorreu para a variável M_{100G} na geração $F_{3:4}$, seu efeito direto positivo é mascarado pelos efeitos indiretos negativos das variáveis ALT, NGV, NDF e CPV. Assim, a seleção restrita para M_{100G} com intuito de aumentar a M_{TOTAL} seria efetiva para primeiro nível de homozigose estudado.

No geral, ALT e NGV foram os caracteres que expressaram os mais significativos efeitos diretos sobre M_{TOTAL} , tanto na geração $F_{3:4}$ quanto na geração $F_{3:5}$. Contudo, o caráter ALT é interessante devido a sua alta herdabilidade e facilidade de mensuração em fase mais precoce de desenvolvimento. Na geração $F_{3:5}$ o efeito total deste caráter é de maior magnitude, devido, principalmente a influência do NGV. Assim, quando praticada seleção indireta para maior altura de planta e maior número de grãos por vagem, no maior nível de homozigose estudado, seria possível obter plantas com maior produção.

5. CONCLUSÕES

É possível selecionar plantas mais produtivas, com menor nível em homozigose, baseando-se em plantas precoces ou com maior número de grãos por vagem em ambos os níveis de homozigose estudados ($F_{3:4}$ e $F_{3:5}$). Como também a seleção indireta na geração $F_{3:5}$ com base em progênies mais altas e com maior número de grãos deve gerar plantas mais produtivas.

6. REFERÊNCIAS

- ABREU, F.B.; LEAL, N.R.; RODRIGUES, R.; AMARAL JÚNIOR, A.T.; SILVA, D.J.H. **Divergência genética entre acessos de feijão-de-vagem de hábito de crescimento indeterminado.** Horticultura Brasileira, Brasília, v.22, n.3, p.547-552, jul-set 2004.
- AKANDE, S. R. **Genotype by environment interaction for cowpea seed yield and disease reactions in the forest and derived savanna agro-ecologies of south-west Nigeria.** American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Science, v.2, p.163-168, 2007.
- ANDRADE, F.N.; ROCHA, M.M.; GOMES, R.L.F.; FILHO, F.R.F.; RAMOS, S.R.R. **Estimativas de parâmetros genéticos em genótipos de feijão-caupi avaliados para feijão fresco.** Revista Ciência Agronômica, v. 41, n. 2, p. 253-258, abr-jun, 2010.
- ANDRADE JÚNIOR, A.S. de; SANTOS, A.A. dos; ATHAYDE SOBRINHO, C.; BASTOS, E.A.; MELO, F. de B.; VIANA, F.M.P.; FREIRE FILHO, F.R.; CARNEIRO, J. da S.; ROCHAS, M. de M.; CARDOSO, M.J.; SILVA, P.H.S. da; RIBEIRO, V.Q. **Cultivo do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.).** (Embrapa Meio-Norte. Sistema de Produção: 2). Teresina, PI: Embrapa Meio-Norte, 2002.
- ANDRADE JÚNIOR, A. S.; RODRIGUES, B. H. N.; BASTOS, E. A. Irrigação. In: CARDOSO, M. J. (Org.). **A cultura do feijão caupi no Meio-Norte do Brasil.** (Embrapa Meio-Norte. Circular Técnica, 28). Teresina: Embrapa Meio-Norte, p. 127-154, 2000.
- ARAGÃO, F. T. de. A. **Consórcio de feijão caupi com capim panicum maximum sob lâminas de irrigação e épocas de transplante.** Monografia em Agronomia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE, 2016.
- AREMU, C. O. **Trait response to early-generation selection using a common parent in two crosses of Cowpea (*Vigna unguiculata*) for humid environment performance.** Advances in Applied Science Research. v. 2, n. 6, p. 155 – 160, 2011.
- ARAÚJO, J. P.P. de. **Morfologia: estágios de crescimento e desenvolvimento do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) spp. Unguiculata.** In: CURSO DE TREINAMENTO PARA PESQUISADORES DE FEIJÃO-CAUPI, 1, Anais. Goiânia: EMBRAPA – CNPAF/IITA, p. 1-19. 1979.
- ARYEETAY, A. N.; LAING, E. **Inheritance of yield components and their correlation with yield in cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp).** Euphytica, Dordrecht, v. 22, p. 386-392, 1973.
- BARROS, F. R. **Estudo comparativo do potencial agronômico entre progênies f4 de feijão-caupi de inflorescências simples e composta.** Dissertação. Mestrado em Melhoramento Genético de Plantas – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife 2009.
- BARROS, M. A; ROCHA, M. de M; GOMES, R. L. F.; DAMASCENO-SILVA, K. J.; NEVES, A. C. das. **Adaptabilidade e estabilidade produtiva de feijão caupi de porte semiprostrado.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 48, n. 4, p. 403-410, 2013.

- BARROS, M. A. **Seleção de genótipos de feijão-caupi para adaptabilidade e estabilidade produtiva na região Meio-Norte do Brasil.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2012.
- BASTOS, E.A. **Adaptação do modelo cropgro para simulação do crescimento e desenvolvimento do feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) sob diferentes condições hídricas no Estado do Piauí.** Tese de Doutorado – Universidade Federal Rural de Pernambuco, 1999.
- BENVINDO, R.N.; SILVA, J.A.L.; FILHO, F.R.F.; ALMEIDA, A.L.G.; OLIVEIRA, J.T.S.; BEZERRA, A.A.C. **Avaliação de genótipos de feijão-caupi de porte semi-prostrado em cultivo de sequeiro e irrigado.** *Comunicata Scientiae*, Teresina-PI, p. 23-28. 2010.
- BERTINI, C. H. C. M.; ALMEIDA, W. S.; SILVA, A. P. M.; LIMA, J. W.; TEÓFILO, E. M. **Análise multivariada e índice de seleção na identificação de genótipos superiores de feijão-caupi.** *Maringá*, v. 32, n. 4, p. 613-619, 2010.
- BERTINI, C. H. C. M.; TEÓFILO, E. M.; DIAS, F. T. C. **Divergência genética entre acessos de feijão-caupi do banco de germoplasma da UFC.** *Revista Ciência Agronômica*, v. 40, n. 1, p. 99-105, 2009.
- BESPALHOK F., J.C.; GUERRA, E.P.; OLIVEIRA, R. **Introdução ao Melhoramento de Plantas.** In: BESPALHOK F., J.C.; GUERRA, E.P.; OLIVEIRA, R. *Melhoramento de Plantas.* Disponível em www.bespa.agrarias.ufpr.br., p.1-9, 2013.
- BEZERRA, A.A. de C.; ANUNCIACÃO 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*, v.36, p.137-142, 2001.
- BEZERRA, A. A. C. et al. **Morfologia e produção de grãos em linhagens modernas de feijão-caupi submetidas a diferentes densidades populacionais.** *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, v. 08, n. 01, p. 85-92, 2008.
- BEZERRA, A.A. de C. **Variabilidade e diversidade genética em caupi (*Vigna unguiculata* (L) Walp.) precoce, de crescimento determinado e porte ereto e semi-ereto.** 105f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Pós-graduação em Botânica. - Universidade Federal Rural de Pernambuco, 1997.
- BORÉM, A.; MIRANDA, G. V. **Melhoramento de Plantas.** 5. ed. Viçosa: Editora UFV, 529p., 2009.
- BORA, G. C.; GUPTA, S. N.; TOMER, Y. S.; SINGH, S. **Genetic variability, correlation and path analysis in fababeen (*Vicia faba*).** *Indian Journal of Agricultural Sciences*, New Delhi, v.68, n.4, p.212-214, 1998.
- BRIM, C.A. **A modified pedigree method of selection in soybeans.** *Crop Science*. p.6-220, 1966.
- CABRAL, P. D. S. et al. **Análise de trilha do rendimento de grãos de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) e seus componentes.** *Revista Ciência Agronômica*, v. 42, n. 1, p. 132-138, 2011.

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

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**. CONAC 2013: Congresso Nacional de Feijão-caupi, Recife-PE, 2013.

CHARNET, R. et al., **Análise de modelos de regressão linear**. Campinas, Unicamp, p.357, 2008.

COELHO, C. M. M. **Influência das características morfológicas e físicas dos grãos de feijão (*Phaseolus vulgaris*L.) na sua capacidade de hidratação e cocção**. Revista Brasileira de Biociências, Porto Alegre, v. 5, p.105-107, 2007.

COHEN, J. I.; WILLIAMS, J. T.; PLUCKNETT, D. L.; SHANDS, H. **Ex situ conservation of plant genetic resources: global development and environmental concerns**. Science, Washington, v. 253, n. 5022, p. 866-872, 1991.

COIMBRA, J.L. M. et al. **Análise de trilha dos componentes do rendimento de grãos em genótipos de canola**. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.5, p.1421-1428, 2004.

COIMBRA, J. L. M.; VIEIRA, G. B. E. A.; OLIVEIRA, A. C. de.; CARVALHO, F. I. F.; GUIDOLIN, A. F.; SOARES, A. P. **Conseqüências da multicolinearidade sobre a análise de trilha em canola**. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.2, p.347-352, 2005.

COIMBRA, J.L.M. **Divergência genética em feijão preto**. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.29, n.3, p.427-431, 1999.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Avaliação da safra agrícola 2015/2016, quarto levantamento**. Fortaleza-CE, 2016.

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

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

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. v. I. 3ed. Viçosa: UFV, 480p., 2004.

CRUZ, C.D.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 579p., 2003.

CRUZ, C.D. **GENES - A software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics**. **Acta Scientiarum Agronomy** 35: p.271-276. 2013.

DE SOUZA, T. V. **Aspectos estatísticos da análise de trilha (*Path Analysis*) aplicada em experimentos agrícolas**. Dissertação (mestrado): Lavras- MG, Universidade Federal de Lavras. 2013.

DIAS, F. T. C. **Utilização de técnicas multivariadas e moleculares na caracterização e seleção de genótipos de feijão-caupi de porte ereto e ciclo precoce.** Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009.

DIAS, F.T. C.; BERTINI, C. H.C. de M.; SILVA, A. P.M. da; CAVALCANTI, J. J.V. **Variabilidade genética de feijão-caupi de porte ereto e ciclo precoce analisada por marcadores RAPD e ISSR.** Revista Ciência Agronômica, v. 46, n. 3, p. 563-572, 2015.

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

ELER, J. P. **Teorias e métodos em melhoramento genético animal: I bases do melhoramento genético animal.** Universidade de São Paulo, Pirassununga, p. 250, 2014.

FALCONER, D.S. **Introdução à genética quantitativa.** Viçosa: UFV. p.279, 1987.

FANCELLI, A. L., & Neto, D. D. (Ed.). **Tecnologia da produção do feijão irrigado.** Fealq, 1997.

FEHR, W.R. **Principles of cultivar development.** New York: Macmillan Publishing Company, p.536, 1987.

FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. A.; VIANA, F. M. P.; RIBEIRO, V. Q. **Feijão caupi: avanços tecnológicos.** Teresina: Embrapa Meio-Norte. p.640, 2005.

FREIRE FILHO, F. R. **Produção, melhoramento genético e potencialidades do feijão-caupi no Brasil.** IV Reunião nacional de Biofortificação. Teresina, Piauí, Brasil, 2011.

FREIRE FILHO, F. R.; ROCHA, M. M.; RIBEIRO, V. Q.; DAMASCENO-SILVA, K. J.; NOGUEIRA, M. S. R. **Melhoramento genético e potencialidades do feijão-caupi no Brasil.** In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, Belém, PA. Da agricultura de subsistência ao agronegócio: Anais... Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, p. 120-135. 2009.

FREIRE FILHO, F. R.; ROCHA, M. M.; RIBEIRO, V. Q.; RAMOS, S. R. R.; MACHADO, C. de F. **Novo gene produzindo cotiledone verde em feijão-caupi.** Revista Ciência Agronômica, v. 38, p. 286-290, 2007.

FREIRE FILHO, F. R.; ROCHA, M. M.; QUEIROZ, V. R.; SITTOLIN, I. M.; CARVALHO, H. W. L. **BRS Xiquexique: Cultivar de feijão-caupi rica em ferro e zinco.** Teresina: Embrapa Meio-Norte, p.46 Comunicado Técnico. 2008.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; ROCHA, M. de M.; SILVA, K. J. D.; NOGUEIRA, M. do S. da R.; RODRIGUES, E. V. **Feijão-caupi: produção, melhoramento genético, avanços e desafios.** Brasília, Embrapa Informação Tecnológica. p.81, 2012.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. a.; BANDEIRA, L. M. R. (Org.). **Cultivares de feijão caupi recomendadas para o plantio nas regiões Norte e Nordeste: ano agrícola 1997/98.** Teresina: EMBRAPA-CPAMN, p.26, 1997.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; BARRETO, P. D.; SANTO, A. A. dos. **Feijão-caupi: Avanços tecnológicos.** In: Freire Filho, F. R.; Ribeiro, V. Q.; Lima, J. A. A. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, p. 29-92, 2005.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; ROCHA, M. de M.; SILVA, K. J. D.; NOGUEIRA, M. do S. da R.; RODRIGUES, E. V. **Feijão-caupi: produção, melhoramento genético, avanços e desafios.** Brasília: Embrapa Informação Tecnológica.p.81, 2011.

FREIRE FILHO, F. R. **Genética do caupi: O caupi no Brasil,** 1988.

FURTADO, M.R. et al. **Análise de trilha do rendimento do feijoeiro e seus componentes primários em monocultivo e em consorcio com a cultura do milho.** Ciência Rural, Santa Maria, v.32, n.2, p.217-220, 2002.

GOMES, R.L.F.; LOPES A.C. de A. **Correlations and path analysis in peanut.** Crop Breeding and Applied Biotechnology, v.5, p.105-112, 2005.

PIMENTEL-GOMES, F. **Estatística experimental.** Piracicaba: ESALQ; Ed. USP. p.430, 1982.

IPECE. Perfil básico municipal-Marco. **Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará.** Fortaleza, 2009.

JINDLA, S. K.; GUPTA, B. S. **Component analysis of yield in cowpea.** Indian Journal of Agricultural Sciences, New Delhi, v. 54, n. 3, p. 183-185, 1984.

KUREK, Andreomar J.; CARVALHO, Fernando I.F. de; ASSMANN, Isidoro C.; MARCHIORO, Volmir S.; CRUZ, Pedro J. **Análise de Trilha Como Critério de Seleção Indireta para Rendimento de Grãos em Feijão.** Revista Brasileira de AGROCIÊNCIA, v.7 n.1, p. 29-32, jan-abr, 2001.

LI, C. C. **Path analysis** – a primer. Boxwood: Pacific Grove. p.346, 1975.

LOPES, A.C.A.; FREIRE FILHO, F.R.; SILVA, R.Q.; CAMPOS, F.L.; ROCHA, M.M. **Variabilidade e correlações entre caracteres agronômicos em caupi (*Vigna unguiculata*).** Pesquisa agropecuária brasileira., Brasília, v. 36, n.3, p. 515-520, 2001.

LOPES, A. C. A. **Potencial produtivo de progênies de feijão-caupi com arquitetura ereta de planta.** Ciência Rural, v.39, n.2, p.348-354, 2009.

MACHADO, C.F.; TEIXEIRA, N.J.P.; FILHO, F.R.F.; ROCHA, M.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. 01, p. 114-123, 2008.

MAFRA, R. C. at al. **Identificação de genótipos de feijão-caupi quanto à precocidade, arquitetura de planta e produtividade de grãos.** Revista Ciência Agronômica, Fortaleza, v. 39, n. 1, p. 114-123, 2008.

MATOS, C. H. A., Fo., GOMES, R. L. F., ROCHA, M. M., FREIRE, F. R., Fo.; LOPES, A. C. A. (2009). **Potencial produtivo de progênies de feijão-caupi com arquitetura ereta de**

planta. Ciência Rural, 39, 348-354. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782009000200006>. Acessado em 24 de abril de 2016.

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.

MATOS, R. F. DE. **Potencial genético de progênies de feijão-caupi para à obtenção de genótipos de porte ereto e ciclo precoce.** Dissertação (Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016.

MIRANDA, J.E.C., CRUZ, C.D., PEREIRA, A.S. Análise de trilha e divergência genética de cultivares e clones de Batatadoce. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 11, n. 4, p. 881-904, 1988.

MONTGOMERY, D.C. & PECK, E.A. **Introduction to linear regression analysis.** New York: John Wiley & Sons, p.504, 1981.

MOSTASSO, L.; MOSTASSO, F.L.; DIAS, B.G.; VARGAS, M.A.T.; HUNGRIA, M. **Selection of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) rhizobial strains for the Brazilian Cerrados.** *Field Crops Research*, 73:121-132, 2002.

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

NTARE, B. R.; AKEN'OVA, M. E.; REDDEN, R. J.; SINGH, B. B. **The effectiveness of early generation (F3) yield testing and the single seed descent procedures in two cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) crosses.** *Euphytica*. v. 33. p. 539 – 547, 1984a.

NTARE, B. R.; AKEN'OVA, M. E.; REDDEN, R. J.; SINGH, B. B. **Evaluation of early generation selection procedures for yield in cowpea (*VIGNA UNGUICULATA* (L.) WALP).** *Field Crops Research*. Amsterdam, v. 9. p. 91 - 100, 1984b.

OLIVEIRA, F. J. **Análises uni e multivariada aplicadas em cultivares de feijão macassar (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.).** 136 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife-PE, 1996.

OLIVEIRA, O. M. S. de.; SILVA, J. F. da., FERREIRA, F. M.; KLEHM, C. da S.; BORGES, C. V. **Associações genóticas entre componentes de produção e caracteres agronômicos em feijão-caupi.** *Revista Ciência Agronômica*, v. 44, n. 4, p. 851-857, 2013.

OLIVEIRA, F.J. de. et al. **Seleção de caracteres agronômicos do feijão-caupi usando coeficientes de caminhamento.** *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v 25, n 7, p 1055-1064,1990.

OSANI, T.O. et al. **Correlation and path-coefficient analysis of yield attributes in diverse lines of cowpea (*Vigna unguiculata*).** *Indian Journal of Agricultural Sciences*, New Delhi, v. 62, n.6, p. 365-368, 1992.

PASSOS, A. R.; SILVA, S. A.; CRUZ, P. J.; ROCHA, M. DE. M.; CRUZ, E. M. DE. O.; DA ROCHA, M. A. C.; BAHIA, H. F.; SALDANHA, R. B. **Divergência genética em feijão-caupi.** *Bragantia*, Campinas, v.66, n.4, p.579-586, 2007.

- RAMALHO, A. P. R.; SANTOS, J. B.; ABREU, A. F. B.; NUNES, J. A. R. **Aplicações da genética quantitativa no melhoramento de plantas autógamas**. 1 ed. Lavras: Ed. UFLA, 2012.
- RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B. dos; ZIMMERMANN, M. J. O. **Genética quantitativa em plantas autógamas: aplicações ao melhoramento do feijoeiro**. Goiânia: Editora da UFG, p. 93-135, 1993.
- RAPOSO, F. V.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B. **Comparação de métodos de condução de populações segregantes de feijoeiro**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 35, n. 10, p. 1991-1997, 2000.
- RIBEIRO, H. L. C. **Estimação de parâmetros genéticos e análise de trilha para caracteres da arquitetura da planta de feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**. Dissertação (Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais) - Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana. 76p. 2012.
- RIBEIRO V.Q. **Cultivo do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**. Teresina: Embrapa Meio-Norte. 108p. (Embrapa Meio-Norte). Sistemas de Produção: 2. 2002.
- ROCHA, M. de M.; CARVALHO, K. J. M. de; FREIRE FILHO, F. R.; LOPES, A. C. A.; GOMES, R. L. F.; SOUSA, I. da S. **Controle genético do comprimento do pedúnculo em feijão-caupi**. Pesquisa agropecuaria brassileira, Brasília, v.44, n.3, p.270-275, 2009.
- ROCHA, M.M. **Estimativas de parâmetros genéticos em genótipos de feijão-caupi de tegumento branco**. Revista Científica Rural, v.8, n.1, p.135-141, 2003.
- ROCHA, M. M. **Purificação genética e seleção de genótipos de feijão-caupi para a região semi-árida piauiense**. Embrapa Meio-Norte. Documentos, 136). Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2008. 14 p.
- ROCHA, M. M.; SILVA, K. J. D.; FREIRE FILHO, F. R.; Júnior, J. A. N. de. M.; RIBEIRO, V. Q. **Melhoramento genético do feijão-caupi no Brasil**. Embrapa Meio-Norte - Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E). 2013. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/94200/1/FRIJOL-CAUPI-BRASIL.pdf>. Acessado em 15 de maio de 2016.
- SAMPAIO, L. S.; BRASIL, E. C. **Exigência nutricional do feijão-caupi**. Anais do II CONAC: Congresso Nacional de Feijão-caupi, Belém-PA, 2009.
- SANTOS, A. dos.; MAKINO, P. A.; CECCON, F. ; PADILHA, N. de. S.; CECCONS, G. **Análise de trilha em genótipos de feijão caupi de porte prostrado e semi-prostrado**. III CONAC- Congresso Nacional de Feijão Caupi, Recife-PE, 2013.
- SANTOS, R.C. dos. et al. **Análise de coeficiente de trilha para os componentes de produção em amendoim**. Ciência Agropecuária de Lavras, v.24, n.1, p.13-16, 2000.
- SAS Institute (2003). **SAS/STAT software versão 9,1**, Cary.
- SIDDIQUE, A.K.M.A.R.; GUPTA, S.N. **Path co-efficient analysis of yield components in cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) walp.)**. Annals of Biology, London, v.8, n.1, p.70-80, 1992.

SILVA, A.C.; MORAIS, O.M.; SANTOS, J.L.; AREDE, L.O.; SILVA, C.J.; ROCHA, M.M. **Estimativas de parâmetros genéticos em *Vigna unguiculata***. Revista de Ciências Agrárias, 37(4): 399-407. 2014.

SILVA, J. A.; 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.

SOUSA, C.C. **Seleção recorrente para obtenção de progênies de feijão-caupi tolerantes ao déficit hídrico**. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento). Universidade Federal do Piauí. Teresina, 2013.

SOUSA, I.S. **Herança do comprimento do pedúnculo ramificado em feijão caupi e sua relação com a produtividade e seus componentes**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2008.

SOUSA, M. B. **Avaliação de linhagens elite de feijão-caupi em regiões do cerrado brasileiro**. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento), Universidade Federal do Teresina – PI, 2013.

SOUZA, C. L. C. de.; LOPES, A. C. de A.; GOMES, R. L. F.; SILVA, E. M.; FREIRE FILHO, F. R. **Análise de trilha dos componentes de rendimento de grãos em populações de feijão-caupi**. Separata, Embrapa Meio-Norte. Teresina-PI, 2006. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/94332/1/GM13.pdf>. Acesso em 20 de abril de 2016.

SOUZA, C. L. C. DE. **Variabilidade, correlações e análise de trilha em populações de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) para produção de grãos verdes**. Dissertação (mestrado) Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Piauí, Teresina-PI, 2005.

TÉOFILO, E. M.; MAMEDE, F. B.; SOMBRA, N. S. **Hibridação natural em caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp–Fabaceae)**. Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v. 23, p. 1010-1011, 1999.

TORRES, M. H. R. M. **Progresso genético com base na seleção simultânea de caracteres em linhagens elite de feijão-caupi**. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2015.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, p.469, 1992.

WRIGHT, S. Correlation and causation. **Journal of Agricultural Research**, Washington v. 20 n. 7 p. 557-585, 1921.

WRIGHT S. **Theory of path coefficients**. Genetics, New York, v. 8, p. 239-285, 1923.

YOKOMIZO, G.K.; VELLO, N.A. **Coefficiente de Determinação genotípica e de diversidade genética em topocruzamento de soja tipo alimento com tipo grão**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 35, n. 11, p. 2223-2228, 2000.