



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
CAMPUS URUÇUÍ
CURSO BACHARELADO EM ENGENHARIA AGRONÔMICA

JEAN LUCAS COSTA DOS SANTOS

DIVERGÊNCIA GENÉTICA E IMPORTÂNCIA DE CARACTERES
AGRONÔMICOS EM GENÓTIPOS DE FEIJÃO-CAUPI

URUÇUÍ
2021

JEAN LUCAS COSTA DOS SANTOS

DIVERGÊNCIA GENÉTICA E IMPORTÂNCIA DE CARACTERES
AGRONÔMICOS EM GENÓTIPOS DE FEIJÃO-CAUPI

Trabalho de Conclusão de Curso (Artigo)
apresentado como exigência parcial para
obtenção do diploma do Curso de
Bacharelado em Engenharia Agrônoma do
Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Piauí. *Campus Uruçuí*.

Orientador: Prof. Me. Wallace de Sousa
Leite.

URUÇUÍ

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD

Santos, Jean Lucas Costa dos
S237d Divergência genética e importância de caracteres agronômicos em
 genótipos de feijão-caupi / Jean Lucas Costa dos Santos. - 2021.
 22 p.: il. p&b.
 Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) - Instituto
Federal do Piauí, Campus Uruçuí, 2021.
 Orientador : Prof. Me. Wallace de Sousa Leite.
 1. Vigna unguiculata. 2. Variabilidade genética. 3. Caracterização de
cultivares. I. Título.

CDD - 631

Elaborado por Aldeide Costa dos Santos Sousa CRB 3/1423

JEAN LUCAS COSTA DOS SANTOS

DIVERGÊNCIA GENÉTICA E IMPORTÂNCIA DE CARACTERES
AGRONÔMICOS EM GENÓTIPOS DE FEIJÃO-CAUPI

Trabalho de Conclusão de Curso (Artigo)
apresentado como exigência parcial para
obtenção do diploma do Curso de
Bacharelado em Engenharia Agrônoma do
Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Piauí. *Campus Uruçuí.*

Aprovada em:10/02/2021.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Me. Wallace de Sousa Leite (Orientador)
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

Prof. Dr. Fábio Oliveira Diniz
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

Prof. Dr. Matheus Silva e Silva
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

**DIVERGÊNCIA GENÉTICA E IMPORTÂNCIA DE CARACTERES
AGRONÔMICOS EM GENÓTIPOS DE FEIJÃO-CAUPI
GENETIC DIVERSITY AND IMPORTANCE OF AGRONOMIC TRAITS IN
COWPEA GENOTYPES**

Jean Lucas Costa dos Santos*

Wallace de Sousa Leite**

RESUMO

O feijão-caupi possui grande importância socioeconômica e alimentar, principalmente nas regiões Norte e Nordeste do Brasil. Diante disso, são necessários estudos que auxiliem o processo de obtenção de genótipos superiores. O estudo teve como objetivo avaliar a divergência genética, os caracteres agronômicos e as combinações promissoras de genótipos de feijão-caupi. O experimento foi conduzido em condição de sequeiro na área experimental do *Campus* Uruçuí do Instituto Federal do Piauí-IFPI, em Uruçuí – PI, em delineamento experimental de blocos ao acaso com quatro repetições. Utilizou-se 10 genótipos, sendo todos cultivares comerciais. Foram avaliados os seguintes caracteres agronômicos: ciclo (dias para a maturação); número de vagens por planta (n°); número de grãos por vagem (n°); massa de 100 grãos (g) e produtividade de grãos (kg ha^{-1}). A divergência genética foi obtida através da distância generalizada de Mahalanobis e os genótipos agrupados pelo método UPGMA. Os genótipos BRS Tumucumaque, BRS Pajeú e BRS Guariba são promissores para cultivos na primeira safra em condições de baixo nível tecnológico de Cerrado no Piauí. As combinações entre os genótipos BRS Tumucumaque com BRS Imponente, BRS Tumucumaque com BRS Aracê, BRS Guariba com BRS Imponente, BRS Guariba com BRS Aracê e de BRS Pajeú com BRS Imponente são combinações indicadas para a obtenção de populações promissoras quanto à produtividade de grãos em condição de Cerrado no Piauí. As características peso de 100 grãos, ciclo e número de grãos por vagens foram as que mais contribuíram para a divergência genética.

Palavras-chave: *Vigna unguiculata*. Variabilidade genética. Caracterização de cultivares.

ABSTRACT

Cowpea has great socioeconomic and food importance, especially in the North and Northeast regions of Brazil. That said studies are needed to help the process of obtaining superior genotypes. The study aimed to assess genetic divergence, agronomic traits and promising combinations of cowpea genotypes. The experiment was conducted in a dryland condition in the experimental area

* Graduando em Bacharelado em Engenharia Agrônoma pelo Instituto Federal Educação Ciência e Tecnologia do Piauí -IFPI *Campus* Uruçuí. E-mail: jeanlcsantos1998@gmail.com.br.

** Docente Mestre. Orientador do Curso de Bacharelado em Engenharia Agrônoma do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Piauí -IFPI, *Campus* Uruçuí. E-mail: wallace.leite@ifpi.edu.br.

of the Uruçuí Campus of the Federal Institute of Piauí-IFPI, in Uruçuí - PI, in a randomized block design with four replications. Ten genotypes were used, all of them commercial cultivars. The following agronomic traits were evaluated: cycle (days to maturity); number of pods per plant (n°); number of grains per pod (n°); mass of 100 grains (g) and grain yield (kg ha^{-1}). The genetic divergence was obtained through the generalized Mahalanobis distance and the genotypes grouped by the UPGMA method. The BRS Tumucumaque, BRS Pajeú and BRS Guariba genotypes are promising for crops in the first harvest under conditions of low technological level of Cerrado in Piauí. The combinations between the BRS Tumucumaque genotypes with BRS Imponente, BRS Tumucumaque with BRS Aracê, BRS Guariba with BRS Imponente, BRS Guariba with BRS Aracê and BRS Pajeú with BRS Imponente are combinations suitable for obtaining promising populations regarding grain productivity in condition of Cerrado in Piauí. The weight characteristics of 100 grains, cycle and number of grains per pod were the ones that most contributed to the genetic divergence.

Keywords: *Vigna unguiculata*. Genetic variability. Characterization of cultivars.

DATA DE SUBMISSÃO E APROVAÇÃO: 10/02/2021.

IDENTIFICAÇÃO E DISPONIBILIDADE: TCC: <http://bia.ifpi.edu.br:8080/jspui/>

1 INTRODUÇÃO

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) é uma planta leguminosa de grande relevância e destaque na alimentação humana em diferentes regiões do mundo, como no Norte e Nordeste brasileiro, em virtude de sua versatilidade e apreciável composição nutricional, atrelada a pouca exigência em fertilidade de solos e tolerância a temperaturas altas e a seca, permitindo-o ser cultivado em regiões tropicais, em regime de sequeiro (FREIRE FILHO; LIMA; RIBEIRO, 2005; ANDRADE et al., 2010; BEZERRA et al., 2012; SOUZA et al., 2013; RAMOS et al., 2015).

A produção brasileira ocorre especialmente em primeira e segunda safra nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste devido as suas características de precocidade e de tolerância ao déficit hídrico, além do baixo custo e a obtenção de bons rendimentos (FREIRE FILHO et al., 2011; NEVES et al., 2011; SOUZA et al., 2013; LIMA, 2014). No ano agrícola de 2019/20, a produção de feijão-caupi foi de 712.600 toneladas de grãos, em uma área plantada de 1.307.800 hectares, com produtividade média de grãos de 545 kg ha⁻¹. No Piauí, estima-se que a área cultivada com feijão-caupi para o mesmo ano foi de 199.500 hectares, com produção de 82.400 toneladas de grãos. Esse baixo volume de produção é consequência da baixa produtividade média de grãos alcançada no estado, cerca de 413 kg ha⁻¹ (CONAB, 2020).

O feijão-caupi assume grande importância no Nordeste, especialmente no Piauí, por ser uma cultura de subsistência das populações carentes, comportando-se como um componente alimentar indispensável na dieta, como também um importante gerador de emprego e renda, já que, primeiramente, o destino da produção é voltado para alimentação da própria família, ficando o excedente destinado à comercialização (FREIRE FILHO et al., 2011; NEVES et al., 2011; ANDRADE et al., 2013; LIMA, 2014; SOUZA, 2017).

Apesar da importância, o feijão-caupi tem seu potencial genético pouco explorado, haja vista que na maioria dos cultivos são utilizados genótipos tradicionais ou oriundos de programas de melhoramento conduzidos em outras regiões, com condições edafoclimáticas diferentes, sendo seu cultivo realizado, na maior parte, por pequenos agricultores de pouco conhecimento técnico e

poder econômico limitado (BERTINI et al., 2010; SOUSA, 2016; SOUZA, 2017; ROCHA, 2018).

Com o estudo da diversidade genética, é possível conhecer as melhores combinações híbridas e de maior efeito heterótico e maior heterozigose, viabilizando a obtenção de genótipos superiores para as gerações segregantes, identificando assim, indivíduos divergentes e auxiliando na escolha de combinações mais promissoras e favoráveis aos cruzamentos, permitindo formar novas combinações genéticas (FALCONER, 1989; CRUZ; REGAZZI, 2001; SANTANA et al., 2019). Diversos trabalhos têm sido realizados sobre a divergência genética em diferentes culturas (SANTOS et al., 2011; SANTOS et al., 2012; SANTOS et al., 2014). Todavia, quando comparada a outras culturas, o feijão-caupi tem seu potencial genético pouco explorado que, apesar de pouco melhorada, a espécie possui uma ampla variabilidade genética para praticamente todos os caracteres de interesse agrônomo, a exemplo, o número de vagens e quantidade de grãos, peso de cem grãos e a produtividade (BEZERRA, 1997; SILVA; NEVES, 2011; RAMOS, 2015).

Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a divergência genética, os caracteres agrônômicos e as combinações mais promissoras.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental do Instituto Federal do Piauí-IFPI, no município de Uruçuí - PI (7°16'32,7"S, 44°30'21,2"O e altitude de 378 m). O clima da região é Aw, de acordo com a classificação Köppen, apresentando pluviosidade média anual de 1.069 mm e temperatura média anual de 27,2 °C.

O ensaio foi conduzido no ano agrícola 2018/2019, com semeadura em 11 de dezembro e colheita entre os dias 18 a 23 de fevereiro. O solo da área experimental é classificado como Latossolo, cujas principais características químicas na camada de 0-20 cm de profundidade são: pH (CaCl): 5,7; MO: 15,8 g kg⁻¹; P (Mehlich-1): 4,0 mg dm⁻³; K: 0,06 cmolc dm⁻³; Ca: 2,82 cmolc dm⁻³; Mg: 1,57 cmolc dm⁻³; Al: 0,0 cmolc dm⁻³; H+Al = 0,62 cmolc dm⁻³; SB (soma de bases) = 4,45 cmolc dm⁻³; V (saturação por bases) = 87,8%. Estas

determinações foram realizadas antes da instalação do experimento, por meio de coletas e amostragens de solo, na camada de 0–20 cm. Em seguida, foi realizado o preparo convencional do solo, com uma aração e uma gradagem.

Os tratamentos constatarem de dez genótipos de feijão-caupi, sendo todas cultivares comerciais selecionadas pelo Programa de Melhoramento Genético de Feijão-caupi da Embrapa Meio-Norte (Tabela 1).

Tabela 1 - Características agronômicas dos genótipos (cultivares comerciais) de feijão-caupi que foram utilizadas no experimento.

Cultivares	Tipo de grãos	Porte da planta
BRS Guariba	Branco-liso	Semiereto
BRS Tumucumaque	Branco-liso	Semiereto
BRS Cauamé	Branco-liso	Semiereto
BRS Xiquexique	Branco-liso	Semiprostrado
BRS Novaera	Branco-rugoso	Semiereto
BRS Imponente	Branco-rugoso	Semiereto
BRS Itaim	Fradinho	Ereto
BRS Marataoã	Mulato	Semiprostrado
BRS Pajeú	Mulato	Semiprostrado
BRS Aracê	Verde	Semiprostrado

Fonte: Rocha, Damasceno-Silva e Menezes-Júnior (2017).

O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições. Cada parcela experimental consistiu de quatro linhas de 5 m de comprimento, espaçadas de 0,5 m entre si, considerando as duas linhas centrais como a área de avaliação (útil), desprezando-se 0,5 m de cada extremidade, totalizando 4 m².

Antes da semeadura, a área foi sulcada e adubada utilizando-se um semeador-adubador mecanizado. A semeadura foi realizada manualmente, distribuindo-se 16 sementes por metro linear. Após a emergência das plântulas, fez-se o desbaste mantendo o estande médio em dez plantas por metro, o que corresponde a uma população de 200.000 plantas por hectare (CARDOSO; MELO; LIMA, 2005).

A adubação foi feita de acordo com os resultados da análise do solo da área experimental e com base nas recomendações para a cultura do feijão-caupi (MELO; CARDOSO; SALVIANO, 2005). A adubação de semeadura foi realizada com 250 kg ha⁻¹ do fertilizante formulado NPK (5-30-15). Aos 25 dias

após a semeadura, foi feita a adubação de Nitrogênio em cobertura na dose de 20 kg ha⁻¹, em filete contínuo a 0,10 m da linha de plantas, tendo sulfato de amônio como fonte.

O controle de plantas daninhas foi realizado com capina manual aos 15 e 30 dias após a emergência das plântulas. Com relação aos tratamentos fitossanitários, foi realizado monitoramento da cultura e refeitas aplicações alternadas dos inseticidas à base de Tiametoxam e Acetamiprido, visando ao controle da mosca branca (*Bemisia tabaci*).

As cultivares foram avaliadas na medida em que atingiram os estádios fenológicos ideais para as respectivas avaliações (CAMPOS et al., 2000). Avaliou-se os seguintes caracteres agronômicos: Ciclo (dias para a maturação) – período de dias entre a semeadura e a quase totalidade das vagens secas; Número de vagens/planta (nº) – relação entre número total de vagens e o número total de plantas coletadas; Número de grãos/vagem (nº) – relação entre o número total de grãos e o número total de vagens; Massa de 100 grãos (g) - determinada por meio da coleta e contagem de 4 amostras de 100 grãos por unidade experimental seguido da realização das pesagens com padronização no grau de umidade dos grãos para 13%; Produtividade de grãos (kg ha⁻¹) – obtida por meio da pesagem dos grãos produzidos pelas plantas da área útil da parcela, corrigido para 13% de umidade, convertido em kg ha⁻¹, após colheita manual e trilha mecanizada das plantas. Para a determinação do número de vagens/planta, número de grãos/vagem e massa de 100 grãos, foram coletadas 10 plantas na área útil de cada parcela, após a maturação fisiológica de cada cultivar (R9).

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Para o agrupamento dos genótipos foi empregado o método Hierárquico de Agrupamento Médio Entre Grupos (UPGMA), utilizando-se a distância generalizada de Mahalanobis. A contribuição dos caracteres foi feita por meio da metodologia de Singh (1981). Para o processamento das análises estatísticas utilizou-se o *software* computacional Genes (CRUZ, 2013).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve diferença significativa ($p < 0,05$) pelo teste de F entre os genótipos para todos os caracteres avaliados, evidenciando a ocorrência de diversidade genética entre os materiais estudados (Tabela 2).

Tabela 2– Médias dos caracteres ciclo, componentes da produção e produtividade de grãos de dez genótipos de feijão-caupi em condição de sequeiro no bioma Cerrado. Uruçuí, Piauí, Brasil 2018/2019.

Genótipos	Ciclo (dia)	Vagens por planta	Grãos por vagens	Peso de 100 grãos (g)	Produtividade de grãos kg ha ⁻¹
BRS Guariba	70 b	15 b	12.2 c	21.5 c	1.354 a
BRS Marataoã	74 a	11 c	14.6 a	18.4 d	794 b
BRS Novaera	71 b	19 a	10.4 d	23.5 b	640 b
BRS Itaim	65 c	22 a	12.9 b	23.0 b	572 b
BRS Pajeú	74 a	8 c	13.6 b	21.0 c	1.388 a
BRS Tumucumaque	71 b	14 b	12.1 c	22.0 b	1.379 a
BRS Aracê	74 a	14 b	12.9 b	15.6 e	938 b
BRS Cauamé	70 b	11 c	11.2 d	19.8 c	866 b
BRS Imponente	65 c	15 b	10.1 d	32.6 a	851 b
BRS Xiquexique	65 c	10 c	14.7 a	17.6 d	765 b
Média geral	71	13,9	12,5	21,5	955,1
CV (%)	1,7	19,1	8,6	5,0	26,1
QM	51,3**	70,7**	10,2**	85,2**	379186,7**

** Significativo a 1% pelo teste F; médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

Os genótipos de feijão-caupi compuseram três grupos quanto ao ciclo. Os cultivares BRS Itaim, BRS Imponente e BRS Xiquexique foram os mais precoces em relação aos demais genótipos, com média de 65 dias de ciclo. BRS Aracê, BRS Marataoã e BRS Pajeú foram os que se mostraram mais tardios (média de 74 dias), seguidos do BRS Caumé, BRS Guariba, BRS Novaera e BRS Tumucumaque (entre 70 e 71 dias) (Tabela 2). Características como precocidade são relevantes no melhoramento vegetal, pois genótipos precoces são passíveis de possibilitar a redução de riscos por ação de fatores climáticos, como temperaturas muito elevadas na fase de emissão das flores e a falta de umidade no período de enchimento dos grãos em meses de pouca chuva (TEIXEIRA et al., 2010; VALE et al., 2015).

Para a variável número de vagens por planta, destacaram-se os genótipos BRS Itaim e BRS Novaera com as maiores médias observadas, com

22 e 19 vagens, respectivamente, não os diferindo estatisticamente. O BRS Pajeú, Marataoã, Cauamé e Xiquexique foram os que demonstraram a menor quantidade de vagens, compondo o grupo de menor média para este caractere. Os demais genótipos apresentaram médias entre 14 e 15 vagens por planta. (Tabela 2). Em relação ao número de grãos por vagem formou-se quatro grupos de médias distintas e, portanto, significativas, onde os genótipos superiores foram BRS Xiquexique (14,7) e BRS Marataoã (14,6). O BRS Aracê, BRS Pajeú e o BRS Itaim não diferiram entre suas médias, bem como os genótipos BRS Imponente, BRS Novaera e BRS Caumé que apresentaram os menores valores para número de grãos por vagem (Tabela 2).

Os valores aqui encontrados foram superiores às médias obtidas por Sousa et al. (2017), que obtiveram valores entre 5,93 a 14 para vagens por planta e 12,51 a 14,56 para grãos por vagens, em estudo com genótipos e linhagens de feijão-caupi. Para Sousa (2016), avaliando a divergência genética de genótipos de feijão-caupi em condições de Cerrado no Tocantins, houve a formação de apenas um grupo para o caráter número de vagens por planta, com média geral de 9,70 e, para número de grãos por vagem, obteve dois grupos com média geral de 12,30. Em seu trabalho, Teixeira et al. (2010) verificaram que o BRS Marataoã também obteve destaque para o caráter número de grãos por vagem. Temperaturas muito altas podem influenciar no abortamento de flores e na retenção final de vagens, afetando diretamente o número de grãos por vagem (CRAUFURD et al., 1996). Santos et al. (2012) afirmam em seu trabalho que um maior número de vagens por planta é um dos componentes que contribui fortemente para uma maior produção de grãos no feijão-caupi. Porém, esta afirmação não ficou evidente neste trabalho, visto que os genótipos BRS Itaim e BRS Novaera apresentaram menor produtividade (Tabela 2).

Com relação a característica peso de 100 grãos, os genótipos foram distribuídos em cinco grupos, constatando abrangente variabilidade genética entre os materiais avaliados, com médias que variaram entre 15,6 g a 32,6 g (Tabela 2). O cultivar comercial BRS Imponente apresentou o maior peso de 100 grãos, embora tenha obtido os menores valores para o caractere número de grãos por vagem, demonstrando, deste modo, que seus grãos são

compensáveis quanto à massa, com valores superiores a 30 g, estando esses resultados de acordo com encontrado por Santos et al. (2012). O BRS Tumucumaque, BRS Itaim e BRS Novaera não apresentaram diferenças significativas entre suas médias, como também os genótipos BRS Caumé, BRS Pajeú e BRS Guariba. O menor valor observado para peso de 100 grãos foi definido pelo BRS Aracê (Tabela 2).

Sousa (2016), avaliando esta mesma característica, encontrou apenas um único grupo, com massas que variaram entre 13,86 a 17,54 gramas, sendo o BRS Tumucumaque com maior média observada. Segundo alguns autores, é perceptível uma maior aceitação por grãos de feijão-caupi com peso acima de 18 g (FREIRE FILHO et al., 2011; SILVA; NEVES, 2011; OLIVEIRA et al., 2015). Provavelmente, um dos fatores que possa ter contribuído para este resultado esteja atrelado na particularidade de cada genótipo responder de maneira diferente as condições edafoclimáticas e de manejo que fora submetido, influenciando, neste caso, no metabolismo da planta via distribuição dos fotoassimilados para diferentes quantidades de grãos, o que ocasionou variações na massa dos grãos entre os genótipos.

Quanto à produtividade de grãos, formaram-se dois grupos de genótipos, sendo o mais produtivo composto pelos genótipos BRS Pajeú (1.388 kg ha^{-1}), BRS Tumucumaque (1.379 kg ha^{-1}) e BRS Guariba (1.354 kg ha^{-1}), não havendo diferença significativa entre estes genótipos. Apesar de terem obtido os maiores valores para número de vagens por planta, os genótipos BRS Itaim e BRS Novaera apresentaram os menores valores de desempenho quanto a produtividade de grãos neste experimento, expondo médias de 572 kg ha^{-1} e 640 kg ha^{-1} , respectivamente, não diferindo estatisticamente entre os demais genótipos que tiveram valores inferiores e próximos a mil quilogramas (Tabela 2).

Ressalta-se que não foi observada relação direta entre o número de vagens e produtividade de grãos, posto que o genótipo BRS Pajeú apresentou o menor número de vagens (8) e, no entanto, manifestou a maior produtividade (Tabela 2), bem como os genótipos BRS Itaim e Novaera, que foram os menos produtivos, uma vez que tenham obtido o maior número de vagens por planta, distorcendo parcialmente de Santos et al. (2012) e Tomaz (2020).

Esses resultados foram superiores em relação aos encontrados por Sousa (2016), que obteve média de produtividade em torno de 588 kg ha⁻¹ trabalhando em regime de sequeiro. Silva et al. (2018) conseguiram maiores resultados de rendimento de grãos entre os cultivares comerciais BRS Marataoã (2.399,97 kg ha⁻¹) e BRS Pajeú (2.011,86 kg ha⁻¹). Já Teixeira et al. (2010) obtiveram valores de produtividade em torno de 2.221 kg ha⁻¹ com a cultivar comercial BRS Guariba, e média geral de 1.307 kg ha⁻¹ em seu trabalho.

Os genótipos de feijão-caupi apresentaram produtividade média de grãos satisfatória com rendimentos superiores à média nacional e do estado do Piauí, considerando as estimativas da primeira safra do ano agrícola 2019/2020 (CONAB, 2020).

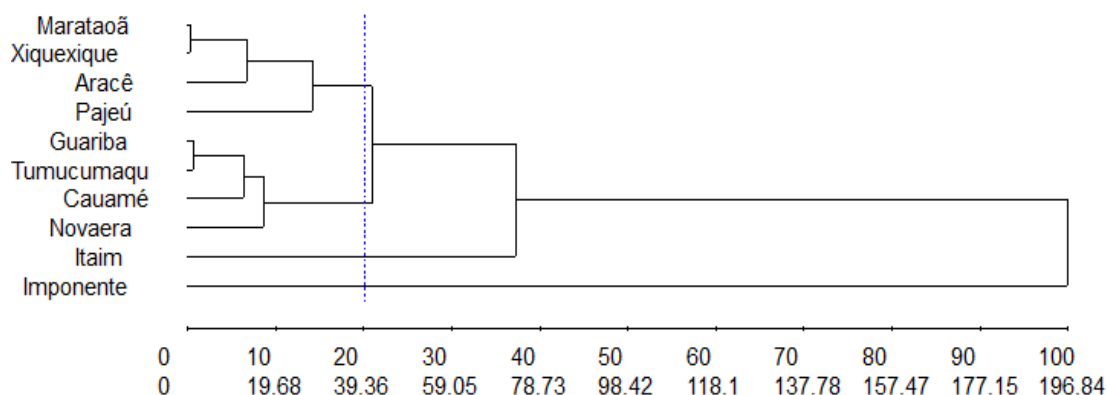
A recomendação correta de cultivares comerciais à serem adaptadas em regiões definidas é importante para se ter melhor ganho de produtividade, levando em conta a avaliação dos genótipos, inclusive o conhecimento dos principais componentes morfoagronômicos da planta nas condições edafoclimáticas do local de cultivo, o manejo, o sistema de produção e o nível tecnológico que acabam contribuindo para a escolha adequada do material por parte do produtor (OLIVEIRA, 2016; JÚNIOR et al., 2017).

O agrupamento de UPGMA, com base na distância de Mahalanobis, alocou os genótipos de feijão-caupi em quatro grupos a partir de um corte em aproximadamente 20% da máxima distância (Figura 1). De acordo com o dendograma, o grupo I e II apresentaram o maior número de genótipos com ambos manifestando a mesma quantidade agrupada (4), sendo o BRS Marataoã, BRS Xiquexique, BRS Aracê e BRS Pajeú compondo o grupo I e, BRS Guariba, BRS Tumucumaque, BRS Caumé e BRS Novaera, o grupo II. O grupo III ficou definido pelo BRS Itaim e o grupo IV pelo BRS Imponente.

Este método de agrupamento tem por finalidade separar um grupo inicial de avaliações em vários subgrupos, de forma a alocar os materiais estudados de acordo com a existência de homogeneidade dentro e heterogeneidade entre os subgrupos (BERTAN et al., 2006).

Figura 1– Dendograma representativo da dissimilaridade genética entre 10 genótipos de

feijão-caupi, obtidos pelo método de agrupamento UPGMA, utilizando a distância generalizada de Mahalanobis como medida de dissimilaridade. Linha pontilhada: corte no dendrograma em aproximadamente 20% da máxima distância, formando 4 grupos de genótipos.



Dos procedimentos estatísticos mais empregados para estimar a distância genética através de caracteres morfológicos, destaca-se distância generalizada de Mahalanobis D^2 , por levar em consideração a existência de correlações entre os caracteres analisados (CRUZ; REGAZZI, 2001).

Sousa et al. (2017) afirmam que combinações entre genótipos de diferentes grupos podem possibilitar a geração de populações promissoras. No entanto, é importante frisar que a distância de Mahalanobis pode ser estimada somente quando o delineamento experimental emprega o uso de repetições, para que se possa mensurar os efeitos ambientais nas composições genéticas (CARGNELUTTI FILHO; RIBEIRO; BURIN, 2010).

Na tabela 3 são apresentadas as medidas de dissimilaridade genética dos genótipos de feijão-caupi avaliados, estimadas a partir da distância de Mahalanobis. A distância entre os valores encontrados foi bastante alta para a maioria dos cruzamentos entre os genótipos. O maior valor de dissimilaridade foi de $D^2 = 325,75$ entre os genótipos BRS Aracê e o BRS Imponente, revelando a grande variabilidade genética existente entre ambos e identificando-os como genitores altamente capazes de formarem populações segregantes. O menor valor de dissimilaridade encontrado foi entre os genótipos BRS Marataoã e BRS Xiquexique com valor de $D^2 = 0,72$, implicando estes como os genótipos mais similares entre os demais (Tabela 3), uma vez que os mesmos fazem parte do mesmo grupo de dissimilaridade genética (Figura 1), sugerindo, desta maneira, que esses genótipos não são adequados para se cruzarem, visto que

não formariam genótipos promissores, pois há alta probabilidade do potencial genético dos descendentes serem menores que dos parentais.

Segundo Barros (2019), é fundamental que se conheça a distância genética, tendo em vista a possibilidade de escolher genitores que irão dar origem a populações segregantes. Em seu trabalho conduzido com o feijão-caupi, esse mesmo autor observou valor máximo de divergência genética igual $D^2 = 86,76$ e mínimo de $D^2 = 0,36$, valores estes inferiores ao observado neste trabalho.

Tabela 3– Dissimilaridade genética entre dez genótipos de feijão-caupi em relação a cinco caracteres, baseado na distância generalizada de Mahalanobis.

Genótipos	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	34,01	14,68	41,31	20,76	1,34	41,75	10,60	143,39	42,30
2		50,31	98,87	18,07	32,77	13,96	41,78	272,99	0,72
3			31,46	44,35	15,19	63,69	21,51	114,09	61,01
4				108,44	53,27	100,90	40,41	118,23	112,21
5					13,97	43,67	37,09	202,96	22,47
6						46,25	14,65	140,03	41,12
7							40,61	325,75	12,26
8								155,13	47,78
9									298,95

(1) BRS Guariba, (2) BRS Marataoã, (3) BRS Novaera, (4) BRS Itaim, (5) BRS Pajeú, (6) BRS Tumucumaque, (7) BRS Aracê, (8) BRS Cauamé, (9) BRS Imponente e (10) BRS Xiquexique.

Verifica-se ainda na tabela 3 que todos os genótipos quando cruzados com o BRS Imponente, apresentaram valores altos de dissimilaridade, indicando este genótipo como o mais divergente entre todos avaliados. Dentre esses valores, destacaram-se pela forte divergência as combinações BRS Imponente e BRS Xiquexique ($D^2 = 298,95$), BRS Imponente e BRS Marataoã ($D^2 = 272,99$), BRS Imponente e BRS Pajeú ($D^2 = 202,96$). O genótipo comercial BRS Itaim também merece atenção na seleção por apresentar valor elevado de divergência genética com outros genótipos, tais como o BRS Pajeú ($D^2 = 108,44$), BRS Aracê ($D^2 = 100,90$), BRS Xiquexique ($D^2 = 112,21$) e BRS Imponente ($D^2 = 118,23$). Estes resultados foram superiores ao relatado por Sousa et al. (2017), onde a maior dissimilaridade encontrada foi verificada entre os genótipos de feijão-caupi Branquinho e UFTfc-19, com valor de $D^2 = 41,36$.

Os genótipos que compuseram o mesmo grupo devido suas

características similares (Figura 1), apresentaram, notadamente, valores inferiores de divergência genética, registrados quando houve a interação entre os integrantes (Tabela 3).

As combinações entre o genótipo BRS Pajeú com BRS Imponente ($D^2=202,96$), assim como do genótipo BRS Tumucumaque e BRS Imponente ($D^2=140,03$) e BRS Guariba com BRS Imponente ($D^2=143,39$) são consideradas boas opções para cruzamento e obtenção de populações promissoras, considerando os caracteres agrônômicos produtividade e a massa de grãos, de modo que atendem as exigências de agricultores e consumidores, respectivamente, ao passo que foram os genótipos mais expressivos nesses aspectos (Tabela 3). Outras combinações também se mostraram promissoras quanto à produtividade, sendo elas a BRS Tumucumaque e BRS Aracê e a BRS Guariba com a BRS Aracê.

Quando as distâncias encontradas são altas, mais promissores são os indicativos de maior variabilidade entre os genótipos e que, destarte, as interações dessas combinações podem ser indicadas como genitores para compor uma população base de um programa de melhoramento (SOUSA, 2016; SOUSA et al., 2017). Segundo Dias (2009), o cruzamento entre genótipos muito divergentes é altamente promissor, tornando-se mais relevante quando ambos apresentam bons rendimentos agrônômicos.

Com o estudo da divergência genética entre genitores, é possível expressar o máximo de efeito heterótico e maior probabilidade na identificação de genótipos superiores nas gerações segregantes (SANTOS et al., 2015). Em vista disso, a divergência genética permite identificar e selecionar genitores promissores, reduzindo custos e tempo, fazendo com que se chegue ao desenvolvimento de cruzamentos mais objetivos e específicos (NARDINO et al., 2017).

A contribuição relativa dos caracteres para a dissimilaridade genética dos dez genótipos avaliados, segundo o método proposto por Singh (1981) pode ser observada na tabela 4. O peso de 100 grãos apresentou a maior contribuição relativa para a dissimilaridade entre os genótipos avaliados com contribuição de 48,89% (Tabela 4). Além deste caractere, o ciclo para a maturação fisiológica e o número de grãos por vagem foram as características

que mais contribuíram para a dissimilaridade entre os genótipos avaliados, com 31,11% e 11,92%, respectivamente (Tabela 4).

Tabela 4– Contribuição relativa dos caracteres para dissimilaridade genética de 10 genótipos de feijão-caupi de acordo com método proposto por Singh (1981).

Caracteres	Valor (%)
Ciclo	31,11
Vagens por planta	3,39
Grãos por vagens	11,92
Peso de 100 grãos	48,89
Produtividade de grãos	4,67

Cabral et al. (2011) concluíram em seu experimento que os caracteres número de vagens por planta, massa de cem grãos e número de grãos por vagem foram os que abrangeram maiores potencialidades para identificação de genótipos superiores para produtividade de grãos em feijoeiro. Santos et al. (2015) também obtiveram a massa de cem grãos como maior contribuição relativa em seu trabalho com feijoeiro, ficando, portanto, evidente que esse caractere deve ser priorizado em programas de melhoramento genético para a espécie. Santos et al. (2014) verificaram que os caracteres comprimento de vagem e massa de cem grãos apresentaram maior contribuição para divergência em genótipos de feijão-caupi.

Deste modo, neste trabalho, a utilização destes caracteres para a seleção de genitores em um programa de melhoramento teria boa eficiência, divergindo parcialmente dos resultados obtidos por Sousa et al. (2017).

A demonstração deste resultado realça a existência de variabilidade genética entre os genótipos avaliados, o que aumenta, portanto, a probabilidade de obtenção de genótipos superiores nas gerações segregantes, notabilizando a possibilidade de melhorar caracteres de interesse pela concentração de alelos mais favoráveis (DIAS, 2009).

Ademais, conhecer os parâmetros entre os caracteres de interesse para a seleção permite ao melhorista conhecer o nível de interação entre os caracteres de importância econômica, uma vez que a seleção sobre determinado caráter pode alterar o comportamento do outro (CORREA et al., 2015).

Segundo Matos Filho et al. (2009) e Silva et al. (2014), ter

conhecimento sobre a associação entre os principais componentes morfoagronômicos da planta é necessário, porque indica como a seleção para um caráter influencia a expressão de outros caracteres de interesse.

Têm-se verificado discordância nos estudos de divergência genética com feijão-caupi acerca dos componentes que contribuem definitivamente para a sua dissimilaridade. Para Santos et al. (2014), os caracteres massa de cinco vagens e massa de 100 grãos foram mais sensíveis em proporcionar divergência genética entre os genótipos; Sousa et al. (2017) encontraram como contribuições para a dissimilaridade a produtividade, o número de dias para a maturação das vagens e o número de grãos por vagem; Já Oliveira (2016), obteve como características o número de grãos, massa de vagens verdes e índice de grãos os que mais contribuíram para a diversidade genética dos genótipos avaliados.

4 CONCLUSÃO

Os genótipos BRS Tumucumaque, BRS Pajeú e BRS Guariba são promissores para cultivos na primeira safra em condições de baixo nível tecnológico no Cerrado piauiense.

As combinações entre os genótipos BRS Tumucumaque com BRS Imponente, BRS Tumucumaque com BRS Aracê, BRS Guariba com BRS Imponente, BRS Guariba com BRS Aracê e de BRS Pajeú com BRS Imponente são combinações indicadas para a obtenção de populações promissoras quanto à produtividade de grãos em condição de Cerrado no Piauí.

As características peso de 100 grãos, ciclo e número de grãos por vagens foram as que mais contribuíram para a divergência genética.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, F. N. *et al.* Estimativas de parâmetros genéticos em genótipos de feijão-caupi avaliados para feijão fresco. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 41, n. 2, p. 253-258, 2010.

ANDRADE, J. R. *et al.* Crescimento inicial de genótipos de feijão caupi submetidos à diferentes níveis de água salina. **Agropecuária Científica no Semi-Árido**, Patos, v. 9, n. 4, p. 38 - 43, 2013.

BARROS, E.K.C. **Caracterização e divergência genética entre genótipos de feijão-caupi com base nos teores de proteínas, ferro e zinco e na qualidade de cocção**. Orientador: Prof. Dr. Maurisrael de Moura Rocha. 2019. 80 p. Dissertação (Mestre em Alimentos e Nutrição) - Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2019.

BERTAN, I. *et al.* Comparação de métodos de agrupamento na representação da distância morfológica entre genótipos de trigo. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 12, n. 3, p. 279-286, 2006.

BERTINI, C. H. C. M. *et al.* Análise multivariada e índice de seleção na identificação de genótipos superiores de feijão-caupi. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 4, p. 613-619, 2010.

BEZERRA, A. A. C. **Variabilidade e diversidade genética em caupi precoce, de crescimento determinado e porte ereto e semiereto**. 1997. 105f. Dissertação (Mestrado em Melhoramento Genético Vegetal) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 1997.

BEZERRA, A. A. C. *et al.* Comportamento morfoagronômico de feijão-caupi, cv. BRS Guariba, sob diferentes densidades de plantas. **Revista de Ciências Agrárias**, [s. l.], v. 55, n. 3, p. 184-189, 2012.

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.

CAMPOS, F. L. *et al.* Ciclo fenológico em caupi (*Vigna unguiculata* L.Walp): uma proposta de escala de desenvolvimento. **Revista Científica Rural**. Santa Maria, v.5, n.2, p.110-116, 2000.

CARDOSO, M. J.; MELO, F. B.; LIMA, M. G. Ecofisiologia e manejo de plantio. In: FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. A.; RIBEIRO, V. Q. **Feijão-caupi: avanços tecnológicos**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p. 213-225, 2005.

CARGNELUTTI FILHO, A.; RIBEIRO, N. D.; BURIN, C. Consistência do padrão de agrupamento de cultivares de feijão conforme medidas de dissimilaridade e métodos de agrupamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 3, p. 236-243, 2010.

CONAB (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO). **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. 9º Levantamento Grãos Safra 2019/20 – junho 2020. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/gaos/boletimda-safra-de-graos>. Acesso em: 28 out. 2020.

CORREA, A.G. *et al.* Variabilidade genética e correlações entre caracteres de feijão-caupi. **Revista Agroambiente Online**, Boa Vista, v. 9, n. 1, p. 42-47,

2015.

CRAUFURD, P.Q. *et al.* Development in Cowpea (*Vigna unguiculata*). III. Effects of Temperature and Photoperiod on Time to Flowering in Photoperiod-sensitive Genotypes and Screening for Photothermal Responses. **Experimental Agriculture**, v.32, 1, p. 29 – 40, 1996.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 2001.

CRUZ, C. D. Genes: a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 35, n. 3, p. 271-276, 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**. Orientador: Prof.^a D S.c Cândida Hermínia Campos de Magalhães Bertini. 2009. 98 f. Tese (Dissertação de Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009.

FALCONER, D. **Introduction to quantitative genetics**. 3 ed. New York: Longman, 489p, 1989.

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

FREIRE FILHO, F. R. *et al.* **Feijão-Caupi no Brasil**: Produção, melhoramento genético, avanços e desafios. 1. ed. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2011. 84 p. ISBN 978-85-88388-21-5.

JÚNIOR, E. P. *et al.* Características agronômicas de genótipos de feijão-caupi cultivados no sudoeste da Bahia. **Revista Científica**, Jaboticabal, v. 45, n. 3, p. 223–230, 2017.

LIMA, L. K. S. **Desenvolvimento do feijão caupi em função da utilização de resíduo da indústria do café como fonte de potássio**. Orientador: Prof. Dr. Alek Sandro Dutra. 2014. 80 f. Tese Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014.

MATOS FILHO, C. H. A. *et al.* Potencial produtivo de progênies de feijão-caupi com arquitetura ereta de planta. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 2, p. p.348-354, 2009.

MELO, F. B.; CARDOSO, M. J.; SALVIANO, A. A. C. Fertilidade do solo e adubação. In: FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. A.; RIBEIRO, V. Q. **Feijão-caupi: avanços tecnológicos**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p. 231- 241. 2005.

NARDINO, M. *et al.* Divergência genética entre genótipos de milho (*Zea mays*

L.) em ambientes distintos. **Revista de Ciências Agrárias**, [s. l.], v. 40, n. 1, p. p.164-174, 2017.

NEVES, A. C. *et al.* **Cultivo do Feijão-caupi em Sistema Agrícola Familiar**. Teresina-PI, novembro, 2011.

OLIVEIRA, E. *et al.* Descrição de cultivares locais de feijão-caupi coletados na microrregião Cruzeiro do Sul, Acre, Brasil. **Acta Amazonica**, [s. l.], v. 40, n. 3, p. 243 - 254, 2015.

OLIVEIRA, C. N.G. S. **Desempenho agrônômico, qualidade e diversidade genética de genótipos de feijão-caupi para produção de grãos verdes**. Orientador: Prof. D.Sc. José Torres Filhos. 2016. 60 p. Tese (Mestrado) - Universidade Federal rural do Semiárido, Mossoró, 2016.

RAMOS, D. P. *et al.* Avaliação de genótipos de feijão-caupi para produção de grãos verdes em Gurupi, Tocantins. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v. 10, n. 5, p. 160 - 164, 2015.

ROCHA, M.M.; DAMASCENO-SILVA, K.J.; MENEZES-JÚNIOR, J.A.N. Cultivares. In: VALE, J.C.; BERTINI, C. H. C. M.; BORÉM, A. **Feijão-caupi: do plantio à colheita**. 1. ed. [S. l.]: UFV, 2017. cap. 6, p. 113-142. ISBN 9788572695787.

ROCHA, V. S. **Cobertura morta no cultivo do feijão-caupi**. Orientador: Dra. Sônia Maria Figueiredo Albertino. 2018. 54 f. Tese (Dissertação de Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2018.

SANTANA, S. R. A. *et al.* Genetic divergence among cowpea genotypes by morphoagronomic traits. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 32, n. 3, p. 841 – 850, 2019.

SANTOS, E. R. *et al.* Divergência entre genótipos de soja, cultivados em várzea irrigada. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, n. 6, p. 755-764, 2011.

SANTOS, A. *et al.* Análise genética e de desempenho de genótipos de feijão-caupi cultivados na transição do cerrado-pantanal. **Cultivando o Saber**, Cascavel, v. 5, n. 4, p. 87-102, 2012.

SANTOS, J. A. S. *et al.* Desempenho agrônômico e divergência genética entre genótipos de feijão-caupi cultivados no ecótono Cerrado/Pantanal. **Bragantina**, Campinas, v. 73, n. 4, p. 377-382, 2014.

SANTOS, A. *et al.* Escolha de genitores de feijão-comum baseado na divergência genética. **Revista Agrarian**, Dourados, v. 8, n. 29, p. p.235-245, 2015.

SILVA, J.A. L.; NEVES, J.A. Componentes de produção e suas correlações em genótipos de feijão-caupi em cultivo de sequeiro e irrigado. **Revista Ciência**

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

SILVA, A. C. *et al.* Estimativa de parâmetros genéticos em *Vigna unguiculata*. **Revista de Ciências Agrárias**, [s. l.], v. 37, n. 4, p. p.399-407, 2014.

SILVA, M. B. O. *et al.* Desempenho agronômico de genótipos de feijão-caupi. **Revista de Ciências Agrárias**, [s. l.], v. 41, n. 4, p. 1059-1066, 2018.

SINGH, D. The relative importance of characters affecting genetic divergence. **The Indian Journal of Genetics e Plant Breeding**, vol. 41, n. 2, p. 237-245, 1981.

SOUSA, S. A. **Divergência genética e capacidade combinatória de feijão caupi**. Orientador: Prof. Rodrigo Ribeiro Fidelis. 2016. 93 f. Tese (Doutorado em Produção vegetal) - Universidade Federal do Tocantins, Gurupi, 2016.

SOUSA, S. A. *et al.* Divergência genética de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) no sul do Tocantins. **Revista de Ciências Agrárias**, [s. l.], v. 40, n. 2, p. 419-429, 2017.

SOUZA, A. A. *et al.* In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 3. 2013, Recife. **Componentes de produção de linhagens selecionadas de feijão caupi de porte prostrado e semiprostrado no Norte de Minas Gerais**. Recife: IPA, 2013. 5 p. CONAC, 2013.

SOUZA, D. B. **Acondicionamento de sementes de feijão-caupi em diferentes embalagens**. Orientador: Ana Elisa Oliveira dos Santos. 2017. 26 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, Petrolina, 2017.

TEIXEIRA, I. R. *et al.* Desempenho agronômico e qualidade de sementes de cultivares de feijão-caupi na região do cerrado. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 41, n. 2, p. 300-307, 2010.

TOMAZ, F.L.S. **Indicação de cultivares de feijão-caupi para produção de grãos secos no estado do Ceará**. Orientador: Profa. Dra. Cândida Hermínia Campos de Magalhães. 2020. 47 f. Dissertação (Dissertação de Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.

VALE, N. M. *et al.* Escolha de genitores quanto à precocidade e produtividade de feijão tipo carioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 50, n. 2, p. p.141-148, 2015.