

AVALIAÇÃO DE LINHAGENS MELHORADAS DE FEIJÃO-CAUPI  
(*Vigna unguiculata* L. Walp) NA REGIÃO NOROESTE FLUMINENSE  
PARA ESTUDO DE VALOR DE CULTIVO E USO

**KLEBERSON CORDEIRO ARAUJO**

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE  
DARCY RIBEIRO

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ  
MARÇO – 2019

AVALIAÇÃO DE LINHAGENS MELHORADAS DE FEIJÃO-CAUPI  
(*Vigna unguiculata* L. Walp) NA REGIÃO NOROESTE FLUMINENSE  
PARA ESTUDO DE VALOR DE CULTIVO E USO

**KLEBERSON CORDEIRO ARAUJO**

Tese apresentada ao Centro de Ciências e  
Tecnologias Agropecuárias da Universidade  
Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro,  
como parte das exigências para obtenção do  
título de Doutor em Produção Vegetal

Orientador: Prof. Geraldo de Amaral Gravina

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ  
MARÇO – 2019

## FICHA CATALOGRÁFICA

UENF - Bibliotecas

Elaborada com os dados fornecidos pelo autor.

A663

Araujo, Kleberon Cordeiro.

AVALIAÇÃO DE LINHAGENS MELHORADAS DE FEIJÃO-CAUPI (*Vigna unguiculata* L. Walp) NA REGIÃO NOROESTE FLUMINENSE PARA ESTUDO DE VALOR DE CULTIVO E USO / Kleberon Cordeiro Araujo. - Campos dos Goytacazes, RJ, 2019.

114 f. : il.

Bibliografia: 77 - 98.

Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, 2019.  
Orientador: Geraldo de Amaral Gravina.

1. seleção de linhagens. 2. rendimento de grãos. 3. análise multivariada.. I. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. II. Título.

CDD - 630

AVALIAÇÃO DE LINHAGENS  
AVALIAÇÃO DE LINHAGENS MELHORADAS DE FEIJÃO-CAUPI  
(*Vigna unguiculata* L. Walp) NA REGIÃO NOROESTE FLUMINENSE  
PARA ESTUDO DE VALOR DE CULTIVO E USO

**KLEBERSON CORDEIRO ARAUJO**

Tese apresentada ao Centro de Ciências e  
Tecnologias Agropecuárias da Universidade  
Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro,  
como parte das exigências para obtenção do  
título de Doutor em Produção Vegetal

Aprovada em 27 de Março de 2019

Comissão Examinadora

---

Prof. Antônio Alonso Cecon Novo (D. Sc. em Produção Vegetal) – IFF

---

Prof. Rogério Figueiredo Daher (D. Sc. em Produção Vegetal) – UENF

---

Dra. Tâmara Rebecca Albuquerque de Oliveira (D. Sc. em Genética e  
Melhoramento de Plantas) – UENF

---

Prof. Geraldo de Amaral Gravina (D.Sc., Fitotecnia) – UENF  
(Orientador)

Dedico este trabalho à minha querida mãe Maria José Cordeiro Araújo (*in memoriam*), que me apoiou em tudo que fiz na minha vida, aos meus avós que me ensinaram muito, em especial ao meu avô Ercílio Cordeiro, (*in memoriam*), Minhas Saudades... Ao meu, amigo Juarez Orgliari, (*in memoriam*), que me deu todo apoio e incentivo em todas as etapas dessa tese.

**“Que eu não perca a vontade de ajudar as pessoas, mesmo sabendo que muitas são incapazes de ver, reconhecer e retribuir a ajuda”**

**Chico Xavier.**

## AGRADECIMENTOS

“Durante todos esses anos houve alguém que esteve ao meu lado mais que todos os outros, e me ofereceu força apesar das duras provas e me sussurrou dentro da alma que a verdade e a vitória pertencem aos que sabem persistir. Minha gratidão a ele, Deus, pela oportunidade que me concedeu”

Ao fim desta batalha longa, acho que posso respirar fundo e dizer que consegui. Que dei o meu suor e que aproveitei o quanto pude, ainda que isso não pareça o suficiente.

Ao meu pai, pelo enorme carinho e ensinamentos;

A minha comunidade de Alto Calçado (São Benedito), com carinho, pelos primeiros aprendizados e momentos felizes que sempre tivemos lá;

Um agradecimento especial a meu irmão, que há muito tempo vem acompanhando a minha caminhada nos momentos agradáveis e nas horas difíceis, com todo seu apoio;

Meus agradecimentos à Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF, a Fundação de Amparo à Pesquisa no Estado do Rio de Janeiro - FAPERJ, pelo apoio e pela oportunidade que me foi concedida para realização deste trabalho;

Ao Professor Dr. Sc. Geraldo de Amaral Gravina, agradeço por compreender minhas limitações, incentivar o desenvolvimento das minhas habilidades, potencialidades e, sobretudo pelo apoio, carinho, respeito e as sugestões essenciais em todas as etapas de desenvolvimento deste trabalho;

Ao Professor Dr. Sc. Rogério Figueiredo Daher, com o qual tive a grata oportunidade por participar da minha banca examinadora, de adquirir e compartilhar conhecimento profissional na elaboração desse trabalho;

Aos companheiros, pela convivência, ajuda na condução e avaliação desse experimento. Em especial, ao Professor Dr. Sc. Antônio Alonso Cecon Novo;

Ao Professor Dr. Sc. José Tarcísio Lima Thiebaut, (*in memoriam*), pela sua disponibilidade, pelo seu carinho, pelas preocupações, pela paciência e pela atenção em todas as vezes que estivemos juntos;

Ao Professor Dr. Sc. Juares Ogliari, (*in memoriam*), pela dedicação, pela atenção que sempre me foi dispensada e pelos inúmeros conselhos e sugestões;

Aos mestres e funcionários do Instituto Federal Fluminense com carinho ao Dr. Sc. Sebastião Ney Costa de Almeida, Dr. Sc. Fernando Antônio Abrantes Ferrara, Ms. Sc. José Bastos Cavichine, Dr. Sc. Marcelo Geraldo Moraes Silva, Engenheiro área o agrônomo Dr. Sc. Anderson, pela convivência e amizade;

Meus agradecimentos a uma pessoa mais que especial em minha vida a senhora Viviane Plaster, pela sua disponibilidade participação, convivência, paciência e carinho durante todos esses anos juntos;

À minha grande Professora Marcia Veronica da Silva, pela paciência carinho, dedicação e pelas opiniões na construção desse trabalho;

Aos amigos e companheiros Júlio Cezar Meirelles, pelo carinho e apoio, Derivaldo Pureza da Cruz, Lucas Moretz-sohn pelo companheirismo;

Aos funcionários José Adilson, Dona Zezé, Celia, Russo, Diguinho, pela disponibilidade, pela gentileza, pela amizade, pelo apoio e pela convivência diária de trabalho;

Ao meu grande amigo e produtor rural Sr. Arnaldo Majeski por sua simplicidade, sua bondade, seu companheirismo e seu apoio em todos os momentos, jamais esquecerei!

Aos colegas da Casa Homem do Campo, em especial ao meu amigo Edjas Rodrigues e Delma Zorzal que guardo em meus pensamentos, bem como aos colegas Miguel, Sidney, Leonardo, Luciano e Carlão meus grandes companheiros pela oportunidade de trabalho, alegria e convivência, durante o período em que estive presente em sua cidade, agradeço.

Um agradecimento especial a Escola Família Agrícola de São João do Garrafão localizada no município de Santa Maria do Jetibá - ES, pertencente ao Movimento de Educação Promocional do Espírito Santo – MEPES;

Agradeço também ao colégio Agrícola Centro Interescolar Estadual de Agropecuária de Itaperuna – RJ, onde tiver oportunidade de divulgar o meu trabalho.

## SUMÁRIO

RESUMO .....	ix
ABSTRACT .....	xii
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. OBJETIVOS.....	4
2.1 Objetivo geral.....	4
2.2 Objetivos específicos.....	4
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	5
3.1 Origem e Botânica do Feijão-caupi ( <i>Vigna unguiculata</i> L. Walp).....	5
3.2 Importância Econômica do Feijão-caupi .....	8
3.3 Melhoramento genético do feijão-caupi no Brasil.....	11
3.3.1 Índices de seleção .....	14
3.3.2 Interação genótipo com ambiente.....	15
4. MATERIAL E MÉTODOS .....	20
4.1 Localização e Caracterização do Experimento.....	20
4.2 Correção e Adubação do Solo .....	21
4.3 Avaliações das Características Morfoagronômicas .....	22
4.4 Análises de variância individuais.....	23
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	26
5.1 Experimento de feijão-caupi tipo fradinho em Bom Jesus do Itabapoana e Cambuci - RJ, nos anos agrícolas 2016 e 2017 .....	26

5.2. Experimento de feijão-caupi tipo cores em Bom Jesus do Itabapoana e Cambuci - RJ, nos anos agrícolas 2016 e 2017 .....	41
6. CONCLUSÃO.....	53
7. TRABALHO .....	54
Análise Gyt Biplot Para Seleção de Feijão-Caupi para o município de Bom Jesus do Itabapoana .....	54
1. INTRODUÇÃO .....	56
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	58
2.1 Análise multivariada.....	58
2.2 Componentes Principais (ACP) .....	59
2.2.1 Análise GYT Biplot.....	62
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	63
3.1 Características avaliadas.....	64
3.2 Análises estatísticas .....	65
4. RESULTADO E DISCUSSÃO .....	66
5. CONCLUSÃO.....	76
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	77

## RESUMO

ARAUJO, Kleberon Cordeiro; Dr. Sc.; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Março, 2019. Avaliação de linhagens melhoradas de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp) na região Noroeste Fluminense para estudo de valor de cultivo e uso. Orientador Dr. Sc. Prof. Geraldo de Amaral Gravina.

O feijão-caupi é uma das mais antigas fontes de alimento humano e provavelmente foi cultivada desde o período Neolítico. A origem precisa do feijão-caupi cultivado não é conhecida. Porém, em decorrência da maior diversidade genética da cultura e da presença das formas selvagens desta espécie, que são encontradas somente na África do Sul, este é o centro mais provável de domesticação. A introdução no Brasil provavelmente ocorreu na segunda metade do século XVI pelos primeiros colonizadores portugueses e espanhóis no Estado da Bahia. A partir da Bahia, o feijão-caupi foi disseminado por todo o País. Relata que em 1568 já havia a indicação da existência de muitos feijões no Brasil. Embora não se possam afirmar com precisão quais feijões eram cultivados, mas as evidências de que o feijão-caupi era um deles são muito fortes, uma vez que, desde a fundação da Bahia como capital administrativa do Brasil, em 1549, o comércio com o Oeste da África, de Guiné a Angola, era muito intenso. A Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - UENF, em parceria com a Embrapa Meio-Norte e o Instituto Federal Fluminense, iniciou-se no estado do Rio de Janeiro nos municípios de Bom Jesus do Itabapoana e Cambuci, um programa de melhoramento do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.), com o objetivo de selecionar genótipos produtivos e de qualidade comercial para o Noroeste Fluminense. Foram feitas avaliações das 28 linhagens selecionadas de

feijão-caupi tipo fradinho e cores provenientes do banco de germoplasma da Embrapa Meio-Norte a fim de obter as linhagens mais promissoras para região. Foi utilizado o delineamento experimental de blocos casualizados com quatro repetições. Cada parcela experimental foi composta por quatro linhas de 3,0 m, tendo como área útil às duas fileiras centrais. O espaçamento utilizado foi de 0,50 m entre fileiras e 0,10 m entre plantas. Foram avaliadas as seguintes características relacionadas à produção de grãos: Número de dias para o florescimento (NDF); Stand de plantas (STD); Valor de Cultivo e Uso (VC); Acamamento (ACAM); Comprimento médio das vagens (COMP); Número de grãos por vagem (NGV); Peso de 100 grãos (P100); Índice de grãos (IG); Produtividade de grãos (PROD). Para a maioria das características avaliadas, houve diferença significativa, evidenciando a variabilidade existente entre os genótipos. A linhagem do tipo fradinho (L23) destacou-se na produtividade de grãos por hectare; As linhagens fradinho (L16, L23) e a linhagens do tipo cores (L2, L10) foram mais precoces; A linhagem tipo cores BRS Imponente se destacou no P100 grãos e a linhagem 13 BRS Tumucumaque no comprimento de vagem. Na segunda parte deste trabalho foi demonstrada uma nova abordagem para seleção de genótipos baseada em múltiplas características, o genótipo por rendimento (GYT) *BIPLOT*, onde “característica” pode ser qualquer outro objetivo de melhoramento que não o rendimento; pode ser uma característica agrônômica, qualidade de grãos, qualidade de processamento ou característica de qualidade nutricional, ou resistência a doenças. A técnica GYT *BIPLOT* é uma análise de fácil interpretação que permite a seleção simultânea de duas características de interesse e classificam os genótipos com base em seus níveis ao combinar rendimento com outras características-alvo e ao mesmo tempo mostra seus perfis de características, ou seja, seus pontos fortes e fracos. Em comparação com os métodos existentes, essa abordagem é gráfica, objetiva, eficaz e direta. As características avaliadas foram: número de dias para floração (NDF); valor de cultivo (VC); Stand de plantas (EF); acamamento (ACAM); produtividade de vagens (PV); comprimento de vagem (CV); número de grãos por vagens (NGV); peso de grãos por vagem (PGV); peso de grãos (PG); massa de 100 grãos (M100G). O resultado significativo existente entre anos indicou diferenças climáticas entre os anos em estudo. Já as significâncias presentes entre as linhagens e a interação linhagens x anos apontaram a presença de variância

genotípica e desempenho diferenciado das linhagens frente aos diferentes anos de avaliação, respectivamente. O desempenho diferenciado das linhagens frente às variáveis estudadas justifica o estudo destas para seleção de materiais superiores e, além disso, gera subsídios para conhecimento das correlações existentes entre os conjuntos de características de rendimento avaliadas. As linhagens de feijão-caupi do tipo fradinho (L9, L7 e BRS Itaim) e do tipo cores (L3, L7, L8, L10 e BRS Imponente) apresentaram bons desempenhos para as características de rendimento. A combinação entre rendimento com peso de cem grãos e stand não devem ser utilizadas quando se deseja selecionar linhagens com boas performances para os conjuntos de características de rendimento com acamamento, comprimento de vagem e número de dias para floração.

Palavras chaves: seleção de linhagens; rendimento de grãos; análise multivariada.

## ABSTRACT

ARAUJO, Kleberson Cordeiro; Dr. Sc.; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. March, 2019. Evaluation of improved strains of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) in the Northwest Fluminense region to study the value of cultivation and use. Advisor D. Sc. Prof. Geraldo de Amaral Gravina.

Cowpea is one of the oldest sources of human food and most cultivated since the Neolithic period. The precise origin of cultivated cowpea is not known. However, where most genetically modified species are present in South Africa, this is the most likely center of domestication. The introduction in Brazil probably occurred in the second half of the sixteenth century by the first Portuguese and Spanish settlers in the State of Bahia. From Bahia, cowpea was spread throughout the country. It reports that in 1568 there was already an indication of the existence of many beans in Brazil. Although it is not possible to state precisely which beans were cultivated, but the evidence that the cowpea was one of them is very strong, since, since the foundation of Bahia as administrative capital of Brazil in 1549, trade with the West Africa, from Guinea to Angola, was very intense. The State University of Norte Fluminense Darcy Ribeiro - UENF, in partnership with Embrapa Meio-Norte and the Federal Fluminense Institute, started a program to improve cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) in the state of Rio de Janeiro in the Bom Jesus do Itabapoana and Cambuci municipalities, with the objective of selecting productive and commercial quality genotypes for the Fluminense Northwest. Evaluations were made of the 28 selected lines of cowpea fradinho-

type and color-type, from the germplasm bank of Embrapa Meio-Norte in order to obtain the most promising lines for the region. A randomized complete block design with four replications was used. Each experimental plot was composed of four lines of 3.0 m, having as useful area the two central rows. The spacing used was 0.50 m between rows and 0.10 m between plants. The following characteristics related to grain production were evaluated: Number of days for flowering (NDF); Plant stand (STD); Cultivation and Use Value (VC); Bedding (ACAM); Average length of pods (COMP); Number of grains per pod (NGV); Weight of 100 grains (P100); Grain index (GI); Grain productivity (PROD). For most of the characteristics evaluated, there was a significant difference, evidencing the variability among the genotypes. The fradinho-type lineage (L23) stood out in grain yield per hectare; The cowpea (L16, L23) and the color lineages (L2, L10) were more precocious; The BRS color (imponente) lineage stood out in the P100 grains and the 13 BRS Tumucumaque line in the pod length. In the second part this work, a new approach to selection of genotypes based on multiple characteristics, the yield genotype (GYT) BIPLLOT, where "characteristic" can be any other improvement objective than yield; may be an agronomic characteristic, grain quality, quality of processing or characteristic of nutritional quality, or resistance to diseases. The GYT BIPLLOT technique is an easy-to-interpret analysis that allows simultaneous selection of two characteristics of interest and classifies the genotypes based on their levels by combining yield with other target characteristics and at the same time shows their characteristics profiles, your strengths and weaknesses. Compared to existing methods, this approach is graphic, objective, effective and straightforward. The evaluated characteristics were: number of days for flowering (NDF); cultivation value (VC); Plant stand (EF); bedding (ACAM); pod productivity (PV); length of pod (CV); number of beans per pod (NGV); grain weight per pod (PGV); grain weight (PG); mass of 100 grains (M100G). The significant result between years indicated climatic differences between the years under study. However, the significance of the lineages and the interaction between lineages x years indicated the presence of genotypic variance and differentiated performance of the strains compared to the different years of evaluation, respectively. The differentiated performance of the strains in relation to the studied variables justifies the study of these for selection of superior materials and, in addition, generates subsidies to know the correlations between the sets of

yield characteristics evaluated. The strains of the cowpea type (L9, L7 and BRS Itaim) and color type (L3, L7, L8, L10 and BRS Imponente) presented good performance yield characteristics. The combination of yield with a one hundred grains weight and stand should not be used when selecting good performance strains for the yield characteristics set with lodging, pod length and number of days for flowering.

**Key words:** selection of lineages; grain yield; multivariate analysis.

## 1. INTRODUÇÃO

Um marco importante na colonização do Noroeste Fluminense foi à construção das estradas de ferro no final do século XIX. Esse fator foi fundamental para o crescimento agrícola e conseqüentemente das cidades e da região formada por um centro regional representado pela cidade de Itaperuna e os municípios vizinhos que deram origem as cidades de Bom Jesus do Itabapoana, Cambuci, Santo Antônio de Pádua, Itaocara, Italva, Laje do Muriaé, Miracema, Natividade, Porciúncula, São José de Ubá, Aperibé e Varre-Sai. Historicamente essas regiões se dedicaram ao cultivo da cafeicultura, um importante produto da história agroexportadora brasileira, e da cana-de-açúcar, em atendimento às indústrias açucareiras, que ao longo das décadas perderam seu dinamismo.

Diante desse contexto alguns fatores podem ser apontados para justificar o declínio da cafeicultura, como por exemplo, a baixa tecnologia empregada, a baixa competitividade perante outras regiões como São Paulo. Com relação à indústria sucroalcooleira pode-se destacar o declínio em função da extinção do programa PROÁLCOOL, e os sucessivos planos econômicos dentro do país, a desvalorização da moeda nacional, as dívidas em dólar assumidas pelas unidades produtivas na modernização das indústrias, fortes pressões competitivas impostas pelo mercado interno e externo, que exige produtividade e qualidade a custos cada vez menores, a falta de matéria-prima devido ao déficit hídrico característico da região e a baixa tecnologia empregada (Azevedo, 2002).

Neste contexto, as pastagens cresceram, tornando a pecuária uma das principais atividades agrícolas dessas regiões; porém ela vem sendo conduzida com baixa tecnologia e produtividade, acarretando a degradação ambiental e conseqüentemente o êxodo rural e regional. Assim a região Norte e Noroeste do estado do Rio de Janeiro tem vivenciado um processo de empobrecimento no campo, em parte devido às condições adversas do mercado de seus principais produtos agrícolas, como a cana-de-açúcar e a cafeicultura (Seapec - RJ, 2011).

Uma alternativa promissora frente á esta realidade é a olericultura que se mostra de grande importância para estas regiões, sendo responsável pelo aumento da renda dos pequenos e médios produtores. O feijão-caupi, consiste em uma boa opção neste cenário, muitas das vezes, sendo cultivado em rotação com outras culturas tradicionais da região, como o tomate e o pimentão. Portanto, pesquisas voltadas para o programa de melhoramento desta cultura faz-se necessária para selecionar genótipos mais adaptados e produtivos, que possam gerar maiores lucros e incentivos a esses produtores.

E dentro das possíveis alternativas agrícolas para ocupar as áreas que eram cultivadas com cana-de-açúcar e café nesta região, o feijão-caupi se mostra como uma cultura promissora economicamente em destaque no Brasil. Por apresentar características apropriadas como mão de obra intensiva, implicando maior empregabilidade, diversificação da renda familiar, recuperação das áreas degradadas pela fixação biológica do nitrogênio e conseqüentemente a melhoria da capacidade física e química do solo, além de suprir a demanda de produção dentro do Estado, pode contribuir de forma significativa com a cadeia produtiva. (Ceasa - RJ 2006).

O cultivo do feijão-caupi vem crescendo em importância nas regiões do estado do Rio de Janeiro, onde é praticado por pequenos agricultores com baixa tecnologia, sendo representados pelos municípios de Cachoeiras de Macacu região das baixadas litorâneas, Magé região metropolitana e São Francisco de Itabapoana, São João da Barra e Cardoso Moreira, pertencentes à Região Norte Fluminense, em contrapartida a existência de plantios não tão expressivos economicamente e com materiais cultivados de baixa qualidade e produtividade para região Noroeste Fluminense. As linhagens cultivadas, geralmente procedem de sementes introduzidas há muito tempo junto às migrações de produtores nordestinos que vinham para capital do estado do Rio de Janeiro e interior à procura de emprego e melhores condições de vida.

Aparentemente estas sementes, têm ascendência comum, conhecidas localmente como Mauá, Costelão, Piabetá e Feijão-de-Corda, possuindo características fenotípicas muito semelhantes e grãos de colorações variadas, quando secas e baixa produtividade, susceptíveis a fatores bióticos e com pouca aceitação comercial (Guedes et al., 2010). Geralmente, o cultivo dessa leguminosa vem crescendo, principalmente em áreas rurais relativamente próximas aos grandes centros urbanos em sucessão às outras hortaliças tradicionais plantadas como o tomate, pimentão, jiló, pepino e abóbora que são mais exigentes em termos de adubações, buscando assim aproveitar os resíduos químicos e orgânicos deixados dos plantios anteriores em compensação à produção, fixação do nitrogênio atmosférico e cobertura do solo (Guedes, 2008; Teófilo et al., 2008). Além disso, essa cultura se tornou responsável pela fixação da mão de obra ociosa no campo (Cardoso; Ribeiro, 2006).

Sendo assim, a produção de feijão-caupi, constitui-se em uma importante fonte de alimento e renda para agricultura familiar e de subsistência, possuindo um grande potencial para a expansão do mercado, mas ainda, são poucos os trabalhos de avaliação e recomendações de linhagens para os diferentes ambientes (Bezerra et al., 2007). São também escassos os trabalhos destinados a avaliar o nível tecnológico empregado pelo produtor e às práticas fitotécnicas adotadas durante a implantação e condução das lavouras, principalmente no que tange ao seu desempenho produtivo (Kappes, 2008).

A fim de solucionar e fornecer informações mais avançadas e precisas com cultivares mais adaptadas à região e de fácil acesso aos produtores, a UENF instituiu uma parceria com Embrapa Meio-Norte e o Instituto Federal Fluminense, em pesquisas com a cultura do feijão-caupi, grupos fradinho e cores, tendo como objetivo de selecionar, avaliar, recomendar genótipos produtivos para os produtores da região Noroeste Fluminense. A falta de pesquisas voltadas para a recomendação de genótipos superiores faz com que a grande maioria dos produtores utilize sementes de baixa qualidade e com potencial produtivo inferior, acarretando prejuízos financeiros, bem como a falta de estímulos para novos plantios. Desta forma, se faz necessário que as instituições de pesquisas desenvolvam trabalhos voltados para a seleção de linhagens melhoradas e adaptadas à região de cultivo. Esta seleção permite a indicação de materiais que reúnam elevada produtividade de grãos e boa adaptabilidade e estabilidade fenotípica (Torres et al., 2015).

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo geral

- O objetivo do trabalho é fornecer informações para viabilizar a recomendação de linhagens melhoradas de feijão-caupi grupo fradinho e cores para os produtores da região Noroeste Fluminense.

### 2.2 Objetivos específicos

- Avaliar e identificar as linhagens de feijão-caupi com elevada capacidade de produção, por meio dos componentes de produção, nas condições edafoclimáticas de Bom Jesus do Itabapoana e Cambuci;
- Selecionar linhagens do feijão-caupi do grupo fradinho e cores com potencial produtivo que apresentem características agrônômicas de interesse;
- Gerar informações que possam contribuir para lançamento e recomendações de variedades melhoradas de feijão-caupi para os agricultores, testando o desempenho das linhagens em campo;
- Fornecer informações ao programa de melhoramento genético feijão-caupi da Universidade Estadual do Norte Fluminense.

### 3. REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 Origem e Botânica do Feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp)

O feijão-caupi é uma das mais antigas fontes de alimento humano e provavelmente foi cultivada desde o período Neolítico (Summerfield et al., 1974). A origem precisa do feijão-caupi cultivado não é conhecida (Sariah, 2010). Porém, em decorrência da maior diversidade genética da cultura e da presença das formas selvagens desta espécie, que são encontradas somente na África do Sul, este é o centro mais provável de domesticação (Faris, 1965; Padulosi; 1997; Freire Filho, 1988).

A introdução no Brasil provavelmente ocorreu na segunda metade do século XVI pelos primeiros colonizadores portugueses e espanhóis no Estado da Bahia (Freire Filho, 1988). A partir da Bahia, o feijão-caupi foi disseminado por todo o País. Gandavo (2002) relata que em 1568 já havia a indicação da existência de muitos feijões no Brasil, embora não se possa afirmar com precisão quais feijões eram cultivados, as evidências de que o feijão-caupi era um deles são muito fortes, uma vez que, segundo Barraclough (1995), desde a fundação da Bahia como capital administrativa do Brasil, em 1549, o comércio com o Oeste da África, de Guiné a Angola, era muito intenso.

Quanto à classificação botânica, cientificamente aceita é que o feijão-caupi é uma planta Dicotiledônea, que pertence à ordem Fabales, família Fabaceae, subfamília Faboideae, tribo Phaseoleae, subtribo Phaseolineae, gênero *Vigna*, subgênero *Vigna*, seção *Catyang*, espécie *Vigna unguiculata* (L.) Walp. A subespécie *unguiculata* é dividida em quatro cultigrupos: *Unguiculata*, *Sesquipedalis*, *Biflora* e *Textilis* (Maréchal; Mascherpa; Stainier, 1978; Padulosi; Ng, 1997; Smartt, 1990; Verdcourt, 1970). O gênero *Vigna*, possui diversas espécies, cujo número varia entre autores, de 184 para (Phillips, 1951), 170 (Faris, 1965), entre 170 e 150 (Summerfield; Roberts 1985), 150 (Verdcourt, 1970), 154 (Steele, 1976), e cerca de 80 (dos quais cerca de 50 espécies são nativas da África) (Maréchal et al., 1978).

Quanto ao número cromossômico o gênero *Vigna* apresenta  $2n = 22$ , embora prevaleça número básico  $x = 11$  (Forni-Martins, 1988). Entretanto já foram encontrados, com menor frequência, os números  $2n = 24$ ,  $2n = 20$ , entre outros na espécie *Vigna unguiculata*, após a determinação do número de cromossomos feita por diversos pesquisadores.

No Brasil são cultivados os cultigrupos *Unguiculata*, uma planta de feijão cujas sementes são dotadas de alto valor proteico, calórico e sabor incomparável, cultivada principalmente, para a produção de grãos secos e verdes, sendo consumido *in natura*, na forma de conserva ou desidratado, rico em aminoácidos, tiamina e niacina, além de fibras dietéticas, por isso é uma boa opção para a melhoria da qualidade de vida, especialmente da população carente no meio rural e urbano, e *Sesquipedalis*, comumente chamado de feijão-de-metro, para produção de vagem (Freire Filho, 2011).

O feijão-caupi no Brasil tem os mais variados nomes populares de acordo com as regiões do país. No Nordeste é popularmente conhecido como feijão-de-praia, feijão-de-estrada e feijão-da-colônia; no Norte do país como feijão-miúdo e manteiguinha (Freire Filho et al., 2005). Em algumas regiões do estado da Bahia e Minas Gerais como feijão-gurutuba e feijão-catador. Nos estados de Sergipe, Bahia e Rio de Janeiro é chamado popularmente de feijão fradinho por possuir um halo preto com um tegumento branco. O feijão do grupo fradinho é o preferido para o preparo do acarajé (Freire Filho et al., 2011).

As plantas são versáteis, nutritivas, herbácea, autógama, anual e com uma boa capacidade de adaptar-se a pouca disponibilidade hídrica e a solos com baixa fertilidade, que aliados a outros fatores climáticos como calor tropical e a baixa

umidade relativa do ar, revela-se uma alternativa de alimento promissora para a produção de proteína a um custo baixo e com um ciclo rápido.

As raízes laterais formam um conjunto de raízes próximo a superfícies do solo, e envolta na raiz principal que possui a característica pivotante, ou seja, aprofunda no solo, podendo alcançar 2,3 metros em 8 semanas após a semeadura (Davis et al., 1991). O sistema radicular apresenta nodulação e suas raízes são mais extensas e profundas do que as da soja (*Glycine max* (L.)

Os frutos são legumes cilíndricos, retos ou curvados, deixando visível a posição interna das sementes. O comprimento depende da cultivar, sendo geralmente de 18-30 cm, mas em certas cultivares pode alcançar até 50 cm (Bevilaqua et al., 2007). O comprimento das vagens varia em torno de 15 a 20 cm. Segundo Santos et al. 2009 e Lima, 1996 o maior número de vagens por planta pode influenciar de forma significativa sobre o aumento da produtividade de grãos.

As folhas e os ramos são muito utilizados também como adubos verdes e podem ser incorporadas ao solo como fonte de matéria orgânica (Alves et al., 2009). Na alimentação animal são usadas como forragem e ensilagem ou feno (Freire Filho et al., 2005). Para a produção de grãos verdes tem-se preferência pelas cultivares de hábito de crescimento trepador, com períodos prolongados de floração e frutificação, o que possibilita a colheita escalonada. O tempo médio para início de floração é de 40 a 50 dias e para a colheita de vagens e grãos verdes 60 a 70 dias (Guedes, 2008).

A arquitetura da planta é o conjunto de características que delineiam a forma, o tamanho, a geometria e a estrutura externa da planta. Os caracteres que formam a arquitetura da planta em feijão-caupi podem resultar em maior ou menor acamamento das plantas, bem como permitir a colheita mecânica ou facilitar a colheita manual (Rocha et al., 2009).

As cultivares apresentam desta forma características morfológicas, importantes que são usadas para diferenciá-las, em relação ao seu hábito de crescimento, ou seja, ao seu tipo de desenvolvimento, podendo ser plantas de crescimento determinado quando a haste termina em uma inflorescência e por isso tem crescimento reduzido, o que permite a sua condução sem estaqueamento e um maior stand de plantas por área e o hábito de crescimento indeterminado quando a haste possui na sua extremidade um meristema vegetativo, que permite a continuidade do crescimento da planta, o que leva à necessidade de estaqueamento (Tessaioli & Groppo, 1992; Pinto et al., 2007).

Considerando os hábitos de crescimento, o feijoeiro classifica-se em quatro tipos principais, em função, especialmente, da orientação de suas ramificações (Vilhordo et al., 1996).

O Tipo I, com crescimento determinado, floresce do ápice para base, arbustivo e porte da planta ereto. As variedades apresentam inflorescência nas gemas apicais e laterais e altura em torno de 50 cm. Normalmente, o período de floração é curto e a maturação é mais ou menos uniforme. Além disso, apresentam menos de 12 nós na haste principal.

O Tipo II, de crescimento indeterminado, floresce da base para o ápice; arbustivo, porte da planta ereto e caule pouco ramificado. Apresentam mais de 12 nós na haste principal, com altura média de 70 cm e maturação das vagens uniforme.

O Tipo III, de crescimento indeterminado, apresenta ramificação bem desenvolvida e aberta. As variedades enquadradas nesse tipo apresentam tendência trepadora. As ramas laterais são numerosas; as vagens apresentam, na maturação, uma relativa desuniformidade. A altura das hastes principais pode atingir até 120 cm.

O Tipo IV, também de crescimento indeterminado e trepador, tem caule com forte dominância apical e número reduzido de ramos laterais; são pouco desenvolvidos. Conhecidos como variedades trepadoras, com poucas ramas laterais, apresentam a haste principal possuindo de 20 a 30 nós e atingem mais de 2 m de comprimento, são plantas que permite várias colheitas manuais durante o seu ciclo de produção.

Sendo assim, é importante conhecer e obter cultivares que apresentam arquitetura de crescimento mais melhorada e produtiva comercialmente, pois desta forma suprirá as necessidades de mercado, exigidas pelos pequenos produtores e grandes empresários.

### 3.2 Importância Econômica do Feijão-caupi

A cultura do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), apresenta expansão crescente, em especial para o cultivo no Estado do Rio de Janeiro, por apresentar características favoráveis à cultura como topografia do terreno, adaptação aos solos de menor fertilidade e menor custo inicial de produção, substituição às outras culturas decadentes existentes, mão de obra familiar ociosa e a logística de mercados interno

e externo em relação a outras cidades e estados vizinhos. Porém, são praticamente inexistentes as informações sobre esta cultura na região Noroeste Fluminense.

De acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), para efeito de regulamento técnico, apenas as espécies *Phaseolus vulgaris* (L.) e *Vigna unguiculata* (L.) Walp. são consideradas como feijão (MAPA, Brasil, 2008). O cultivo deste último concentra-se nas regiões Norte e Nordeste e são disseminados em todo território brasileiro, sendo cultivada sobre as mais variadas condições edafoclimáticas, e semeada principalmente como cultura de subsistência, podendo também ser encontrada em cultivos altamente tecnificados (Yokoyama et al., 1996). Já o feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) predomina nas regiões de clima quente, do Nordeste (trópico semiárido) e Norte (trópico úmido). Porém, por ser uma espécie adaptada e apresentar alta plasticidade às condições tropicais e subtropicais (Singh, 2006), produz bem em todas as regiões do País.

No período de 2005 a 2009, a produtividade média de grãos, em feijão-caupi, foi de 369,14 kg ha<sup>-1</sup> (Freire Filho et al., 2011). Estima-se que no ano de 2012 a produção mundial de feijão-caupi girou em torno de aproximadamente 1,9 milhões de toneladas (Faoestat, 2015). Contudo, observa-se que é uma cultura que apresenta baixa produtividade média principalmente no nordeste brasileiro, já que grande parte da produção está ligada a pequenas e médias propriedades que geralmente utilizam baixo nível tecnológico (Frota & Pereira, 2000).

Esses valores, porém, são considerados abaixo da capacidade produtiva da cultura (Freire Filho et al. 2005; 2011), sendo decorrente, principalmente pelo baixo aporte tecnológico da maioria dos produtores, problemas no preparo e manejo da fertilidade do solo, controle de pragas, dentre outros como também a escassez de água (Filgueiras et al., 2009).

Os principais países produtores e que também apresentam maior área cultivada de feijão-caupi são: Nigéria, Níger e Brasil. Os países com as maiores produtividades dessa cultura, acima de 2.500 kg ha<sup>-1</sup>, são Croácia, Palestina, República da Macedônia, Trinidad e Tobago, Bósnia Herzegovina, Egito e Filipinas (Freire Filho et al., 2011).

No Brasil, historicamente, a produção feijão-caupi contribui com 35,6 % da área plantada e 15 % da produção de feijão total (feijão-caupi + feijão-comum) no país e concentra-se nas Regiões Nordeste com 1,2 milhões de hectares e o Norte 55,8 mil hectares de área plantada que são feitas por empresários e agricultores familiares

(Freire Filho et al., 2011; Conac, 2012). No entanto, a cultura do feijão-caupi está começando a conquistar espaço na região Centro-Oeste, em razão do desenvolvimento de cultivares com características que favorecem o cultivo mecanizado.

Apesar da maior parte da produção ainda ser oriunda da agricultura familiar, percebe-se certo interesse dos grandes produtores, que detêm maior poder aquisitivo e acesso às modernas tecnologias, o que tem contribuído para a expansão da cultura nas regiões Norte e Nordeste, principais regiões produtoras, bem como, para a região Centro-Oeste e Sudeste, especialmente, para o cultivo no outono e inverno (Castelletti; Costa, 2013; Matoso et al., 2013). A área de cultivo no estado do Mato Grosso, por exemplo, tem produzido nos últimos três anos mais de 100 mil hectares, chegando a aproximadamente 116 mil hectares (Embrapa Arroz e Feijão, 2014).

Hoje o Brasil é um dos maiores produtores e consumidores mundiais de feijão-caupi, assim essa cultura vai deixando de ser considerada de subsistência, graças à obtenção de cultivares com porte semiereto o que viabilizou a colheita mecanizada e permitiu a expansão do cultivo para extensas áreas despertando o interesse de grandes produtores.

A exportação de feijão-caupi no Brasil ocorreu em 2007, inicialmente para o Canadá, Portugal, Israel, Egito, Turquia e Índia, e foi constatado que há um mercado muito maior para a cultura (Freire Filho et al., 2011). Atualmente, a Índia é o principal importador do feijão-caupi brasileiro, e consome 100.000 toneladas por ano, sendo 20% de origem brasileira. A constante redução da área cultivada com feijão-caupi nos países asiáticos, mediante a substituição deste pelo milho, está aliada aos graves problemas climáticos, como o excesso de chuvas durante a safra. Intempéries que a própria Índia e outros países asiáticos produtores de feijão-caupi vêm enfrentando nos últimos anos, o que vem contribuindo para o aumento das exportações brasileiras (Sementes Tomazetti, 2012).

Em 2012, os egípcios foram responsáveis pela totalidade das compras de feijão-caupi produzido no Brasil, entre os países árabes. Devido a esse aumento significativo, os brasileiros arrecadaram fundo monetário da ordem US\$ 5,52 milhões com a exportação de feijão-caupi para a região, somente entre os meses de janeiro e julho houve um crescimento de 276% sobre o mesmo período em 2013, quando o ganho com essas vendas estava em US\$ 1,47 milhões ao ano anterior.

No entanto, em 2013, a Argélia adquiriu um valor de compra na ordem de US\$ 930 mil em feijão-caupi, os Emirados adquiriram US\$ 80 mil e o Líbano US\$ 10 mil (Daniel, 2013). Além disso, o clima favorável acompanhado dos preços de mercado tem colaborado para o aumento da área destinada para essa cultura nos principais estados produtores de grãos, contribuindo dessa forma para o acréscimo de produção de grãos o que representa hoje mais de 20 % da produção nacional de feijão (Conab, 2017).

Justificando o aumento da produção em relação às safras anteriores, à safra 2017/2018 de feijão-caupi no Brasil, teve um aumento na área de plantio da ordem de 1,409 milhões de ha para 1,527 milhões de ha, ou seja, (7,3%) a mais de área e a produtividade de 506 kg/ha<sup>-1</sup> para 520 kg/ha<sup>-1</sup> correspondendo a (2,8%), mesmo em face das condições climáticas mais favoráveis nessa safra. A produção também teve o mesmo comportamento saindo das atuais 713,3 mil toneladas para 786,9 mil toneladas, o que equivale a um aumento de (10,3%) superior aos anos anteriores (Conab, 2018).

### 3.3 Melhoramento genético do feijão-caupi no Brasil

A presença da variabilidade genética nas plantas de feijão-caupi torna-se necessário para o início de um programa de melhoramento genético com objetivo de selecionar linhagens mais adaptadas às condições climáticas das regiões em diferentes localidades e conseqüentemente fortalecer a cadeia produtiva de alimentos no Brasil. Os trabalhos de pesquisa em melhoramento genético do feijão-caupi têm sido liderados pela Embrapa Meio-Norte com o propósito de difundir cultivares que possam atender a exigência comercial dos pequenos, médios e grandes produtores.

Historicamente o melhoramento do feijão-caupi foi iniciado na segunda metade do século XVI devido às primeiras introduções de cultivares no país. Nessa ocasião, os agricultores escolheram os que mais lhe agradavam para o plantio e consumo.

Assim, os trabalhos de pesquisas voltados para a cultura do feijão-caupi no Brasil, realmente só começaram por volta de 1903, quando o senhor Gustavo R. P. Dutra, em São Paulo, publicou o primeiro trabalho sobre a cultura, "Os feijões de macassar", nesta obra o mesmo descreve o cultivo da planta de feijão-caupi narrando

sua trajetória, história, origem e distribuição geográfica no Brasil, aspectos relevantes sobre os fatores econômicos, requerimentos nutricionais, práticas de cultivo, solos e presença de cultivares com suas devidas composições química e valor nutritivo para seres humanos e animais e ainda sobre seu uso como adubação verde (Freire filho, 2011).

Em seguida com o passar dos anos houve a formação das principais fases ou etapas relacionadas ao melhoramento da planta de feijão-caupi, ou seja, na primeira fase ocorrida entre os anos de 1925 a 1963, foram realizadas as primeiras introduções de germoplasma, mas sem recomendações de cultivares.

Na segunda fase de 1963 a 1973, iniciou-se a integração das pesquisas com feijão-caupi entre alguns institutos de pesquisa e as universidades, onde foram realizadas as primeiras coletas, caracterização e avaliação de germoplasma e liberadas as primeiras cultivares no Brasil, pela Universidade Federal do Ceará.

Na terceira fase compreendida entre 1973 a 1991, a Embrapa participou do sistema de pesquisa, montando uma equipe somente para trabalhos com feijão-caupi e estruturou-se através de uma rede nacional de pesquisa de feijão-caupi sob a liderança da Embrapa Arroz e Feijão, na localidade de Santo Antônio de Goiás, Goiás. No período de 1977 a 1983, utilizou-se o método de melhoramento genealógico (Pedigree) e, no período de 1984 a 1991, o método de descendência de uma única vagem (SPD); contudo, no final de 1991, a rede foi desestruturada e transferida à liderança para a Embrapa Meio-Norte, em Teresina, Piauí (Freire Filho et al., 2011).

Na quarta fase de 1991 até o presente momento, ocorreu à ampliação da rede de melhoramento, incluindo todos os estados da região Norte, Nordeste, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul da região Centro-Oeste e os estados de Minas Gerais e São Paulo na região Sudeste. Nesta fase, grandes avanços foram obtidos para a qualidade do grão, resistência a vírus, arquitetura da planta e precocidade, que viabilizaram o cultivo em grandes áreas dos cerrados de forma mecanizada.

Na etapa inicial do melhoramento genético com feijão-caupi, utilizaram-se os métodos como seleção massal, seleção de plantas com teste de progênie e genealógico, métodos de descendência de uma única semente (SSD) e de descendência de uma única vagem (SPD). Sendo que o método genealógico foi o mais utilizado na geração de novas cultivares, seguido do método SPD (Freire Filho et al., 2011).

O melhoramento genético tem como objetivo principal o fortalecimento de todas as etapas relacionadas à cultura do feijão-caupi e ao mesmo tempo direcionar o desenvolvimento de novas cultivares com aspectos morfológicos mais voltados para arquitetura moderna da planta, principalmente para aquelas de portes semiprostrado, que atendem a agricultura familiar, bem como as de portes mais ereto que atendem a agricultura empresarial. Essas plantas devem apresentar um ciclo de maturação mais precoce; baixo acamamento; resistência às principais pragas e doenças; tolerância a altas temperaturas, estresse hídrico e salinidade; altos teores de proteína e minerais, especialmente ferro e zinco, e compostos bioativos no grão; qualidade comercial do grão como a cor, forma e aspecto do tegumento e maior adequação para agroindústria; alta resposta à fixação biológica do nitrogênio; e alta produtividade, adaptação e estabilidade aos vários biomas brasileiros, possibilitando assim a elaboração de genótipos importantes comercialmente.

De acordo com Carbonell et al. (2003) certos requisitos de mercado têm sido atendidos e dentre eles, tão importantes quanto a produtividade dos grãos e a resistência às doenças, estaria a qualidade para o cozimento dos grãos comercializados que chegam ao consumidor final.

A seleção dos genitores é realizada com base no desempenho produtivo e outros caracteres que são objetos do melhoramento, levando-se também em consideração a divergência genética entre eles, avaliada previamente com base em caracteres morfoagronômicos e marcadores de DNA. O pós-melhoramento corresponde às fases de produção de sementes genéticas e básicas, registro da cultivar junto ao Registro Nacional de Cultivares/Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, elaboração de plano de marketing e lançamento de cultivares. A validação e transferência de cultivares correspondem a ajustes fitotécnicos e a realização de eventos de divulgação das cultivares junto aos agricultores.

Há diversas instituições que trabalham com o desenvolvimento de novas cultivares de feijão-caupi tendo como líder em pesquisa no mundo o International Institute of Tropical Agriculture (Instituto Internacional de Agricultura Tropical – I.I.T.A), (World Cowpea Research Conference, 2010). Entretanto, recentemente os programas de melhoramento de feijão-caupi das Universidades da Califórnia e Riverside, nos Estados Unidos, e da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA no Brasil vêm sendo consolidados e expandidos. Outras pesquisas significativas sob

vários aspectos do melhoramento do feijão-caupi, estão sendo realizadas na Burkina Faso, Índia, Mali, Nigéria e Senegal, dentre outros países (Nunes, 2012).

Embora sejam grandes os avanços no melhoramento genético e nas técnicas de manejo da cultura (cultivares mais produtivas, mais precoces, maturação uniforme, porte adequado para o cultivo mecânico, tolerantes aos principais fatores bióticos e abióticos, com melhor qualidade nutricional e culinária, adaptadas aos diferentes ambientes de cultivo), ainda há muito espaço para crescimento.

Além do esforço dos programas de melhoramento, quando se compara o volume de estudos com feijão-caupi em relação a outras culturas, tais como, o feijão comum (*Phaseolus Vulgaris* L.), percebe-se que, para o feijão-caupi o volume de estudos é bem menor, tal como, o número de cultivares recomendada e/ou lançadas comercialmente. Até o presente momento, existem apenas 35 cultivares de feijão-caupi inscritas no Registro Nacional de Cultivares (RNC) do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Rocha et al., 2017).

### 3.3.1 Índices de seleção

Nos programas de melhoramento genético o emprego do índice de seleção é uma prática bastante utilizada, com finalidade de selecionar simultaneamente caracteres de interesse agrônômico. Neste contexto, a linhagem selecionada deve conter uma gama de atributos favoráveis capazes de superar a testemunha, e adequar-se às exigências dos consumidores (Farias, 2005).

As correlações genéticas entre os genes podem ajudar ou atrapalhar os trabalhos do melhorista. Quando a seleção é feita com base em um ou poucos caracteres que possuem uma correlação com outras características desfavoráveis, o processo pode ser dificultado. Uma das estratégias que visam amenizar esse problema é justamente o uso de índices de seleção, o que possibilita associar múltiplas informações relativas a várias características de interesse agrônômico com as propriedades genéticas da unidade experimental (Cruz e Regazzi, 2002; Cruz e Carneiro, 2003).

O índice de seleção pioneiro no melhoramento de plantas foi proposto por Smith (1936), visando seleção simultânea de características correlacionadas, combinando covariâncias genéticas e fenotípicas com os caracteres e seus

respectivos valores econômicos. Posteriormente, Fisher (1936) sugeriu uma função linear dos valores fenotípicos observados, otimizando o índice. E assim, seguiram-se outras modificações, a maioria também baseada na obtenção de combinações lineares de valores fenotípicos observáveis. Entre os mais comuns são: Brim et al. (1959), Kempthorne e Nordskog (1959), Pesek e Baker (1969), Tai (1977) e Smith et al. (1981) (Garcia e Souza Júnior, 1999; Farias, 2005; Vilela, 2008).

Segundo Santos (2005), as cultivares em pré-fase de recomendação, precisam ser comparadas com rigor estatístico, e como não serão mais recombinadas, estas devem apresentar desempenho igual ou superior as cultivares comerciais. Porém, para este fim, os índices existentes não se adéquam as exigências. Neste intuito, o índice para seleção de cultivares preconizado por (Garcia e Souza Júnior, 1999) atende aos requisitos específicos de genótipos fixados, fazendo uso da estimação de parâmetros, além de fixar valores de descarte e emprego de teste de médias para atender as exigências da seleção de cultivares. Portanto, o índice engloba o estabelecimento de desempenhos mínimos para os caracteres individuais, como a adoção de testes de médias, possibilitando assim, que a seleção tenha rigor estatístico. Além do mais, determina-se o genótipo ideal para que se possa estabelecer, com base na medida da distância de cada genótipo do ideótipo, os índices individuais, sendo que, quanto menor o índice, mais perto do ideal é o genótipo.

### 3.3.2 Interação genótipo com ambiente

No programa de melhoramento genético com feijão-caupi, o estudo da interação genótipo com ambiente é de fundamental importância, na etapa de avaliação das linhagens, para identificação e recomendação de novas cultivares superiores em diferentes ambientes. Essa interação é de grande importância uma vez que irá influenciar o processo de seleção, tornando-se necessário e justificável, estimar a magnitude e a natureza dessa interação.

Segundo Allard (1971) as variações fenotípicas são resultantes da ação do conjunto entre genótipo e ambiente. Essas modificações apresentadas pelos genótipos perante as variações ambientais resultam em mudanças no desempenho relativo das cultivares, possibilitando assim avaliar o real impacto da seleção entre

elas e asseguram o alto grau de confiabilidade na recomendação de genótipos para um determinado local ou para outros ambientes. (Falconer e Mackay, 1996; Fehr, 1987). De acordo com Ramalho et. al. (2012), a interação dos genótipos com ambientes é caracterizada quando o comportamento das raças, linhagens ou cultivares não são consistentes, ou seja, a resposta de cada genótipo é específica e diferente de outros genótipos às alterações que ocorrem nos ambientes.

A carga genética de uma cultivar, bem como o ambiente onde é cultivada interfere na expressão fenotípica de vários caracteres. De acordo como as condições ambientais são modificadas algumas cultivares apresentam variações, no entanto, outras, demonstram maior estabilidade em produção, alta ou baixa, em ampla faixa de ambientes (Comstock & Moll, 1963). Assim, o estudo da interação genótipos x ambientes torna-se necessário nos programas de melhoramento, desde a escolha de progenitores à indicação e liberação de novas cultivares (Finlay & Wilkinson, 1963; Eberhart & Russell, 1966; Banzatto, 1994; Cruz & Regazzi, 1994).

A interação genótipos por ambientes não deve ser vista como um problema ou fator indesejável, porém, como uma interação biológica, cabendo ao melhorista conhecê-la bem, para tirar proveito deste fenômeno na hora da seleção (Chaves, 2001). Neste contexto, há autores que afirmam ser um desafio para os programas de melhoramento e consequente recomendação de cultivares tal interação, sabendo que, a indicação de genótipos de interesse é feita com seleção embasada na média de vários locais, deste modo, a recomendação de genótipos superiores para cada ambiente fica comprometida (Ramalho et al., 1993). Porém, amenizam-se os efeitos da interação quando se identifica cultivares específicas para cada ambiente ou se obtêm genótipos com baixa interação. No primeiro caso, subdivide-se uma área heterogênea em glebas menores mais homogêneas. No entanto, mesmo com esse aperfeiçoamento, a interação pode permanecer alto devido ao efeito de ano (Eberhart e Russel, 1966; Scapim et al., 2000; Vilela, 2008).

Segundo Hoogerheide (2004) existem pelo menos três meios de amenizar o efeito da interação, identificar as cultivares específicas para cada ambiente; realizar o zoneamento ecológico; identificar cultivares com maior estabilidade fenotípica. Sendo que, a identificação de cultivares com maior estabilidade tem sido mais empregada.

É esperada grande interação genótipo x ambiente (GxA), em condições de elevada variação ambiental (Allard & Bradshaw, 1964), demonstrando a resposta diferencial dos genótipos nos diferentes ambientes, especialmente para a produção

de grãos (Pereira et al., 2009). Para detectar a interação (GxA) o método mais utilizado é a ANOVA (análise de variância), através da análise conjunta dos experimentos. A presença da interação GxA é determinada pelo teste F e sua magnitude estimada pelos quadrados médios. Estatisticamente é detectada como um padrão de resposta diferencial e significativa dos genótipos entre os ambientes (Santos et al., 2014). Segundo Silva e Duarte (2006), vários métodos estatísticos vêm sendo propostos e utilizados com o objetivo de se interpretar melhor a interação GxA. A ocorrência da interação é de grande importância para seleção específica nos ambientes, principalmente para produtividade de grãos.

No feijão-caupi a interação GxA, para a produtividade de grãos, tem sido estudada envolvendo vários tipos de fatores ambientais como: genótipos x locais (Ali et al., 2004; Lopes et al., 2006; Singh et al., 2006), genótipos x épocas de plantio (Morakinyo; Ajibade, 1998), genótipos x densidades populacionais (Santos; Araújo, 2000), genótipos x sistemas de cultivo solteiro ou consorciado (Egbe et al., 2010) sequeiro ou irrigado (Andrade et al., 2006), genótipos x locais x anos (Shimelis; Shiringani, 2010; Ishiyaku et al., 2010; Asiwe; Ajeigbe, 2010; Dos Santos, 2014), genótipos x locais x épocas de plantio (Shiringani, 2007; Shiringani; Shimelis, 2011) e genótipos x locais x anos x sistema de cultivos sequeiro e irrigado (Santos et al., 2000; 2008) ou solteiro e consorciado (Padi, 2007).

Deste modo, procura-se identificar cultivares de comportamento previsível e responsivo à melhoria do ambiente, por meio de métodos de análise de estabilidade e adaptabilidade que forneçam informações detalhadas sobre o comportamento das cultivares, seja em condições específicas ou amplas (Cruz e Regazzi, 2001).

### 3.3.3 Adaptabilidade e Estabilidade

As cultivares que apresentam ampla adaptabilidade, ou seja, podem ser cultivadas em diferentes locais destacam-se como as mais interessantes para as empresas produtoras de sementes; entretanto, para o produtor rural seria importante à utilização de cultivares adaptadas às suas condições edafoclimáticas (Peixoto et al., 2002). Existem no mercado brasileiro cultivares de boa aceitação comercial, porém, a avaliação e recomendação de cultivares mais adaptadas a cada ambiente específico não vem acontecendo no país (Hamasaki et al., 1998). Desta forma é indispensável a participação da pesquisa pública para este tipo de cultura, pois os agricultores utilizam

qualquer cultivar disponível sem considerar as diferenças possíveis de comportamento ocasionadas pelos diversos ambientes.

Neste contexto, o ideal é que a cultivar seja capaz de responder ao estímulo do ambiente e ser estável, mantendo bom desempenho quando as condições ambientais não forem favoráveis, ou seja, apresentar adaptabilidade, aproveitando vantajosamente o estímulo ambiental (Eberhart e Russel, 1966).

Conceito semelhante para adaptabilidade é indicado por Verma et al. (1978), que define adaptabilidade como capacidade dos genótipos apresentarem alta produção associada à alta estabilidade em ambientes desfavoráveis, além de serem responsivas as melhorias ambientais.

Já a estabilidade pode ser considerada como a habilidade dos genótipos apresentarem comportamento previsível em função das variações ambientais (Cruz et al, 2004). No entanto, alguns estudos apontam a estabilidade como maior capacidade apresentada por certos genótipos em ajustarem-se às flutuações ambientais ao longo dos anos dentro de um local (Vencovsky e BARRIGA, 1992). Para Finlay e Wilkinson (1963) estabilidade é caracterizada pela produção variável de uma cultivar de acordo com a capacidade dos ambientes em proporcionar altas ou baixas produtividades. De acordo com Verma et al. (1978) a definição de estabilidade também pode ser dita como a previsibilidade de sua adaptabilidade, ou em termos estatísticos, como ocorre o ajuste da cultivar ao modelo adotado (linear, bissegmentado ou não-linear).

Conforme Becker (1981), referendado por Hoogerheide (2004), a estabilidade caracteriza-se por dois tipos: estabilidade biológica ou homeostática e estabilidade agrônômica. A estabilidade no sentido biológico é aquela que a cultivar mantém uma produtividade constante entre ambientes. Já na estabilidade agrônômica a cultivar é considerada estável se produzir bem em relação ao potencial produtivo dos ambientes testados. Ocorre nas situações de previsibilidade de rendimento, no qual há interação mínima com o ambiente.

Há diversas teorias para analisar a adaptabilidade e estabilidade de cultivares testada em diferentes ambientes. Os próprios conceitos de estabilidade e os procedimentos biométricos de mensurar a interação entre cultivares e ambiente são os diferenciais dos métodos (Vencovsky e BARRIGA, 1992). Na literatura são citados inúmeros métodos de estudo e quantificação da interação genótipo com ambiente, baseados em: variância da interação cultivares x ambientes; regressão linear;

regressão linear bissegmentada; regressão não linear; métodos multivariados; métodos que integram univariados e multivariados.

Desta forma, de acordo com os dados experimentais, principalmente o número de ambientes disponíveis, é que se escolhem os métodos (Cruz e Regazzi, 2001).

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Localização e Caracterização do Experimento

Iniciaram-se os experimentos de campo, nos anos 2016 e 2017, com linhagens elite de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.), provenientes do programa de melhoramento genético da Embrapa Meio-Norte, em parceria com a Universidade Estadual do Norte Fluminense, para fins de recomendação de cultivares de feijão-caupi para o estado do Rio de Janeiro.

Os experimentos foram conduzidos em Bom Jesus do Itabapoana, município localizado no Noroeste do Estado do Rio de Janeiro, na latitude 21°08'02" S, longitude 41°40'47" W e altitude 88 m, o solo classificado como latossolo vermelho-amarelo + cambissolo, e em Cambuci, na Unidade avançada da fazenda Santo Antônio, pertencente ao Instituto Federal Fluminense, situada nas coordenadas 21° 34' 31" S de latitude e 41° 54' 40" W de longitude com altitude de 35 metros ao nível do mar, clima predominante quente e úmido no verão e seco no inverno com precipitação anual média de 1200 mm e temperatura média anual de 23 °C solo argissolo, segundo a classificação climática revista de Köppen-Geiger (Alvares, 2013).

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com quatro repetições. Cada parcela ou unidade experimental foi composta por quatro linhas de 3,0 m, tendo como área útil às duas fileiras centrais. O espaçamento utilizado foi de 0,50 m entre fileiras e 0,10 m entre plantas. O desbaste foi feito aos 25

dias após a emergência, totalizando 10 plantas por metro, atingindo desta forma, uma população de 50 mil plantas por hectare.

Os tratos culturais recomendados para cultura foram realizados no decorrer do ciclo, segundo Filgueira (2008).

#### 4.2 Correção e Adubação do Solo

As áreas escolhidas apresentaram adequadas e com boas características para o plantio das linhagens feijão-caupi em Bom Jesus do Itabapoana e Cambuci. Logo em seguida o solo foi amostrado na profundidade de 0-20 cm para realizar as análises químicas por ocasião das instalações dos experimentos em cada localidade. E apresentaram os seguintes valores respectivamente, em Bom Jesus amostra (01): pH em H<sub>2</sub>O = 5,5 P = 2 mg dm<sup>-3</sup>; K = 57,0 mg dm<sup>-3</sup> ; Na = 0,08 mg dm<sup>-3</sup> ; Ca = 2,5 cmol dm<sup>-3</sup> ; Mg = 1,5 cmol dm<sup>-3</sup> ; Al = 0,1 cmol dm<sup>-3</sup> ; H+Al = 4,8 cmol dm<sup>-3</sup> ; CTC (t) = 4,3 cmol dm<sup>-3</sup> ; CTC (T) = 9,0 cmol dm<sup>-3</sup> ; SB = 4,2 cmol dm<sup>-3</sup> ; V = 47 %; MO = 27,0%; Fe = 21; Cu = 2,2; Zn = 1,6; Mn = 20,4.

Em Cambuci, amostra (02): pH em H<sub>2</sub>O = 5,8; P = 4 mg dm<sup>-3</sup> ; K = 45,0 mg dm<sup>-3</sup> ; Na = 0,14 mg dm<sup>-3</sup> ; Ca = 3,5 cmol dm<sup>-3</sup> ; Mg = 2,5 cmol dm<sup>-3</sup> ; Al = 0,0 cmol dm<sup>-3</sup> ; H+Al = 3,9 cmol dm<sup>-3</sup> ; CTC (t) = 6,0 cmol dm<sup>-3</sup> ; CTC (T) = 8,5 cmol dm<sup>-3</sup> ; SB = 6,0 cmol dm<sup>-3</sup> ; V = 37 %; MO = 20,0%; Fe = 40; Cu = 0,2; Zn = 1,2; Mn = 46,0.

As análises foram realizadas no Laboratório de Solos da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro em Campos dos Goytacazes - RJ.

As correções de adubações para o estabelecimento da cultura foram realizadas com base nos resultados da análise química do solo acima e no requerimento nutricional da cultura do feijão-caupi, mediante fontes de nitrogênio, fósforo e potássio (NPK), conforme o Manual de Calagem e Adubação do Estado do Rio de Janeiro (Freire et al., 2013). A quantidade de adubação no plantio utilizado foi de 170 gramas de superfosfato simples por metro/linear, 10 gramas do formulado 20-00-15 e 5 gramas do micronutriente FTE-BR-12, juntamente com 3 litros de matéria orgânica de compostagem.

A adubação de cobertura foi realizada aos 30 e 60 dias após a semeadura, com o formulado 20-00-20 na dose de cinco gramas por planta. Aos 25 dias após o plantio foi realizado uma adubação via foliar com molibdênio, ou seja, molibdato de

amônio, na dosagem de 50 ml por 20 litros de água, aplicação essa realizada antes do início do florescimento das plantas de feijão-caupi.

O controle das plantas daninhas foi realizado por meio de duas capinas manuais, durante o ciclo da cultura. A irrigação foi realizada de acordo com as condições climáticas e quando necessário utilizamos a irrigação por aspersão, com intervalo de aplicação de quatro dias.

#### 4.3 Avaliações das Características Morfoagronômicas

Estes ensaios foram divididos em dois experimentos representados pelo feijão-caupi tipo fradinho com 11 linhagens e a do tipo cores formado por 12 linhagens, incluindo as quatro cultivares comerciais testemunhas, num total de 27 linhagens avaliadas na primeira parte da pesquisa, localizados em Bom Jesus do Itabapoana e Cambuci - RJ, nos anos agrícolas de 2016 e 2017.

As linhagens de feijão-caupi tipo fradinho com as duas testemunhas foram: linhagem 15 MNC06-895-1, linhagem 16 MNC06-895-2, linhagem 17 MNC06-901-14, linhagem 18 MNC06-907-29, linhagem 19 MNC06-907-30, linhagem 20 MNC06-907-35, linhagem 21 MNC06-908-39, linhagem 22 MNC06-909-52, linhagem 23 MNC06-909-55, linhagem 24 MNC06-909-68, linhagem 25 MNC06-909-76, linhagem testemunha 26 BRS ITAIM, linhagem testemunha 27 CB-27.

Já as linhagens de feijão-caupi tipo cores com as testemunhas foram: linhagem 01 Bico-de-ouro 1-5-11; linhagem 02 Bico-de-ouro 1-5-15; linhagem 03 Bico-de-ouro 1-5-19; linhagem 04 Bico-de-ouro 1-5-24; linhagem 05 Pingo-de-ouro 1-5-26; linhagem 06 Pingo-de-ouro 1-5-4; linhagem 07 Pingo-de-ouro 1-5-5; linhagem 08 - Pingo-de-ouro 1-5-7; linhagem 09 Pingo-de-ouro 1-5-8; linhagem 10 Pingo-de-ouro 1-5-10; linhagem 11 Pingo-de-ouro 1-5-11; linhagem 12 Pingo-de-ouro 1-5-14; linhagem testemunha 13 BRS Tumucumaque; linhagem testemunha 14 BRS Imponente.

Foram avaliadas as seguintes características na primeira parte do experimento relacionadas à produção de grãos como: Número de dias para o florescimento (NDF) - determinado a partir do número de dias transcorridos do plantio ao aparecimento de 50% das plantas da parcela que florescer; Stand de plantas (STD) - determinado a partir da população final de plantas realizada na véspera da colheita, contando-se as plantas presentes em duas fileiras centrais com comprimento de 3 m em cada unidade experimental, os resultados foram convertidos em plantas

ha<sup>-1</sup>; Valor de Cultivo e Uso (VC) - leitura obtida em comparação à escala de notas (Tabela - 2), realizada antes da colheita dos grãos maduros ou das vagens, devendo considerar o aspecto geral das plantas, vigor, arquitetura, carrego, características das vagens, grãos e aspecto fitossanitário; Acamamento (ACAM) - leitura obtida em comparação à escala de notas, (Tabela - 3), realizada antes da colheita dos grãos maduros ou das vagens, devendo considerar as plantas acamadas e aquelas com o ramo principal quebrado; Comprimento médio das vagens (COMP) - determinado em centímetros, pela média de todas as vagens contidas em cinco vagens coletada ao acaso dentro da área útil de cada unidade experimental. No caso de vagens curvas, mediu-se a maior linha reta da base da vagem até a sua extremidade; Número de grãos por vagem (NGV) - determinado mediante a relação entre número total de grãos e o número total de cinco vagens, coletados e avaliados ao acaso dentro da área útil de cada unidade experimental; Peso de 100 sementes (P100) - média do peso das sementes presentes em cinco vagens, escolhidas ao acaso em relação ao peso total 100 sementes, com teor de umidade de aproximadamente 13%, avaliação feita com auxílio de uma balança graduada em gramas; Índice de grãos (IG) - valor obtido a partir da porcentagem do peso dos grãos em relação ao peso total da vagem, obtido pela seguinte fórmula:  $IG (\%) = (PG5V/P5V).100$  onde, PG5V = peso dos grãos de cinco vagens e P5V = peso das cinco vagens; Produtividade de grãos (PROD) - determinada pela produção total de grãos debulhado manualmente com posterior pesagem na área útil da parcela, transformada a massa de grãos em g parcela<sup>-1</sup> para kg ha<sup>-1</sup> a 13% de umidade.

As análises genético-estatísticas foram realizadas utilizando-se o programa GENES (Cruz, 2013). Foi utilizado o critério de Scott-Knott, em nível de significância de 5% e 1% de probabilidade, para agrupar as médias entre as linhagens.

#### 4.4 Análises de variância individuais

O esquema da análise de variância individual para o experimento foi realizado de acordo com o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ij} = \mu + G_i + B_j + \varepsilon_{ij}$$

Em que:

$Y_{ij}$  = observação do genótipo  $i$  ( $i = 1, 2, \dots, g$ ), no bloco  $j$  ( $j=1, 2, \dots, b$ );  $\mu$  = constante ou média geral do experimento;

$G_i$  = efeito do  $i$ -ésimo genótipo ( $i = 1, 2, \dots, g$ );  $B_j$  = efeito do  $j$ -ésimo bloco ( $j= 1, 2, \dots, b$ );

$\varepsilon_{ij}$  = erro experimental associado à observação  $Y_{ij}$ .

**Tabela 1** - Esquema da análise de variância individual do modelo em Blocos Casualizados para o experimento de competição de linhagens de feijão-caupi, tipo fradinho e cores

Fontes variações	Graus Liberdade	Quadrado Médio
Blocos	$b - 1$	QMB
Genótipos	$g - 1$	QMG
Resíduos	$(b - 1) (g - 1)$	QMR
Total	$bg - 1$	

**Tabela 2** - Escala para leitura do Valor de Cultivo – VC

ESCALA	CARACTERÍSTICA
1	Linhagem sem características apropriadas ao cultivo comercial
2	Linhagem com poucas características apropriadas ao cultivo comercial
3	Linhagem com boa parte das características adequadas ao cultivo comercial
4	Linhagem com a maioria das características adequadas para o cultivo comercial
5	Linhagem com praticamente todas as características adequadas para o cultivo comercial

A leitura do Valor de Cultivo deve ser realizada no início da maturidade das vagens, devendo ser baseada no aspecto geral da planta, nas características de vagem, de grão, no carrego e no aspecto fitossanitário.

**Tabela 3** - Escala para leitura do Acamamento – ACAM

ESCALA	CARACTERÍSTICA
1	Nenhuma planta acamada ou com ramo principal quebrado
2	De 1 a 5% das plantas acamadas ou com o ramo principal quebrado
3	De 6 a 10% das plantas acamadas ou com o ramo principal quebrado
4	De 11 a 20% das plantas acamadas ou com o ramo principal quebrado
5	Acima de 20% das plantas acamadas ou com o ramo principal quebrado

A leitura do acamamento deve ser realizada na maturidade das vagens, um pouco antes da colheita, devendo considerar as plantas acamadas e aquelas com o ramo principal quebrado.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Experimento de feijão-caupi tipo fradinho em Bom Jesus do Itabapoana e Cambuci - RJ, nos anos agrícolas 2016 e 2017.

Os resultados das análises de variâncias contêm os valores e as significâncias dos quadrados médios (QM), bem como os coeficientes de variação experimental, em percentual, com base nas médias dos tratamentos para as características avaliadas, em Bom Jesus do Itabapoana e Cambuci - RJ, em relação às nove variáveis avaliadas no experimento de feijão-caupi tipo fradinho, considerando a média dos anos agrícolas de 2016 e 2017, conforme a tabela 4. Constatou-se que a maioria das características avaliadas exibiu variabilidade entre as linhagens.

Analisando os resultados foram encontradas diferenças altamente significativas ( $P < 0,01$ ), para as características número de dias para florescimento (NDF), stand de plantas (STD), valor de cultivo e uso (VC), acamamento (ACAM), comprimento das vagens (COMP), peso de 100 Sementes (P100), conforme a tabela 4. Também foi constatada significância a nível ( $P \leq 0,05$ ) somente para a característica produtividade de grãos (PROD).

Com relação às outras características presentes no experimento como o número de grãos de cinco vagens (NGV) e o índice de grãos (IG), não houve diferença significativa entre os genótipos avaliados pelo teste F. A constatação de

significância para os quadrados médios dos genótipos para sete das nove variáveis avaliadas permite assim inferir que existe variabilidade fenotípica entre as linhagens e se consubstancia a perspectiva de sucesso na seleção de linhagens superiores.

**Tabela 4** - Análise de variância das médias do feijão-caupi tipo fradinho em Bom Jesus do Itabapoana e Cambuci - RJ, nos anos agrícolas 2016 e 2017

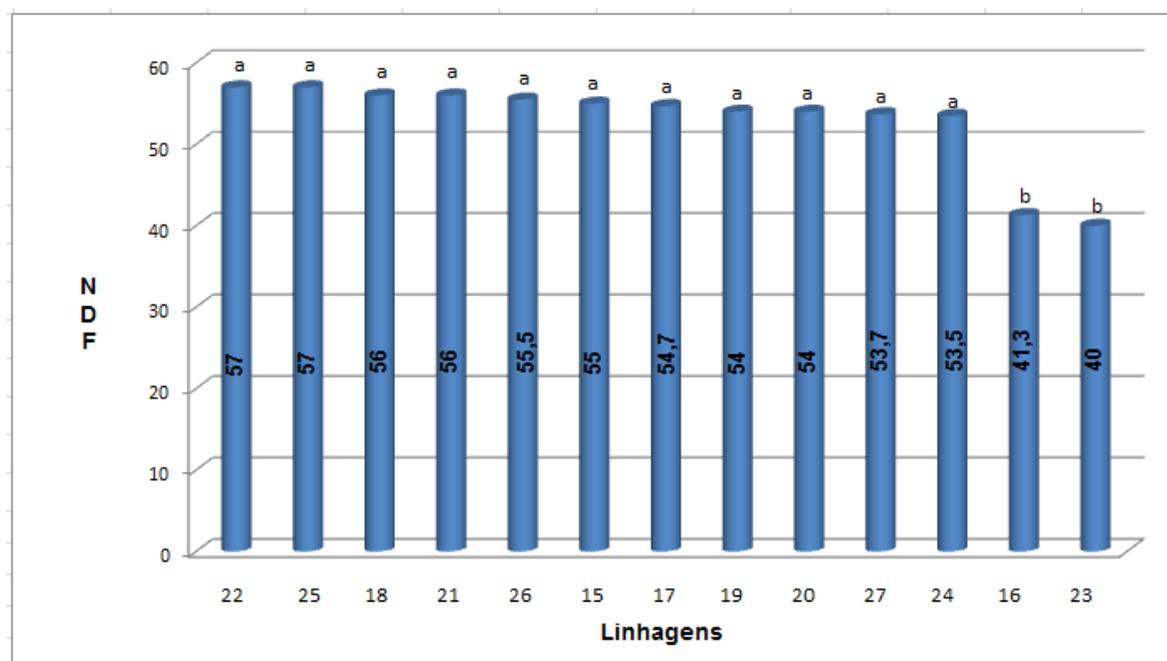
Fonte	Quadrados Médios									
	Varição	GL	NDF	STD	VC	ACAM	COMP	NGV	P100	IG
Blocos	3	7,11	91,73	0,11	0,85	10,21	22,00	11,58	19,31	0,82
Genótipos	12	13,96**	261,30**	1,09**	1,41**	5,27**	3,92 <sup>ns</sup>	47,05**	8,20 <sup>ns</sup>	0,33*
Resíduo	36	4,61	63,69	0,36	0,47	0,93	2,92	12,53	5,57	0,15
Média		54,39	57,25	3,73	1,71	18,51	12,11	25,01	78,39	1,77
CV%		3,95	13,94	16,28	40,10	5,21	14,11	14,15	3,01	22,70

Não significativo (ns), significativo a 5% (\*), significativo a 1% (\*\*) de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Foram encontrados valores médios de CV, compreendidos por 13,94 % para número de plantas na área útil após o desbaste (STD), 14,11 % para o número de grãos de cinco vagens (NGV), 14,15 % para peso de 100 sementes por planta (P100) e 16,28 % para valor de cultivo (VC), valores estes considerados muito bons como medida de precisão das variações ambientais. Foi encontrado um valor alto do CV (22,70%) para a variável produtividade de grãos (PROD), mas podemos considerar como satisfatório para essa característica, por se tratar de uma característica quantitativa e, possivelmente, controlado por muitos pares de genes. Todavia, valores superiores a 30% são considerados muito altos e foram encontrados para a variável acamamento (ACAM) com 40,10% para as plantas acamadas ou com o ramo principal quebrado, na qual se verificou influência do ambiente para esta variável.

O número de dias para florescimento (NDF) exibiu que a média dos 13 genótipos de feijão-caupi tipo fradinho, apresentou tempo médio de florescimento de 54,39 dias (Gráfico - 1).

Considerando o ciclo dos genótipos melhorados e tradicionais plantados em várias regiões, podemos classificar as plantas de feijão-caupi por tipo de materiais conforme o seu ciclo, ou seja, linhagens superprecoce, precoce, médio e tardio, conforme as características de maturidade fisiológica alcançada com o tempo após a semeadura.



**Gráfico 1** - Número de dias para florescimento das linhagens feijão-caupi tipo fradinho em Bom Jesus do Itabapoana e Cambuci, nos anos agrícolas 2016 e 2017.

As linhagens que compõem o experimento formaram dois grandes grupos distintos e conseqüentemente a maioria das linhagens presentes em cada um desses grupos em destaque não diferem estatisticamente entre si e são representadas pela linhagem 24, linhagem 27, linhagem 20, linhagem 19, linhagem 17, linhagem 15, linhagem 26, linhagem 21, linhagem 18, linhagem 25, linhagem 22, são identificados como sendo materiais tardios por apresentar o florescimento entre 53,5 e 57 dias, para linhagem 24 e 22, respectivamente.

Em Teresina-PI as cultivares BRS ITAIM, BRS TUMUCUMAQUE e BRS CAUAMÉ atingem o florescimento pleno em 35, 37 e 38 dias respectivamente, que compreende o número de dias, entre a emergência e a presença das flores abertas na parcela (Freire Filho et al., 2005).

No segundo grupo formado encontramos genótipos com características mais precoces em relação ao seu ciclo, apresentando início de florescimento aos 40 dias para a linhagem 23 e 41,3 dias para linhagem 16.

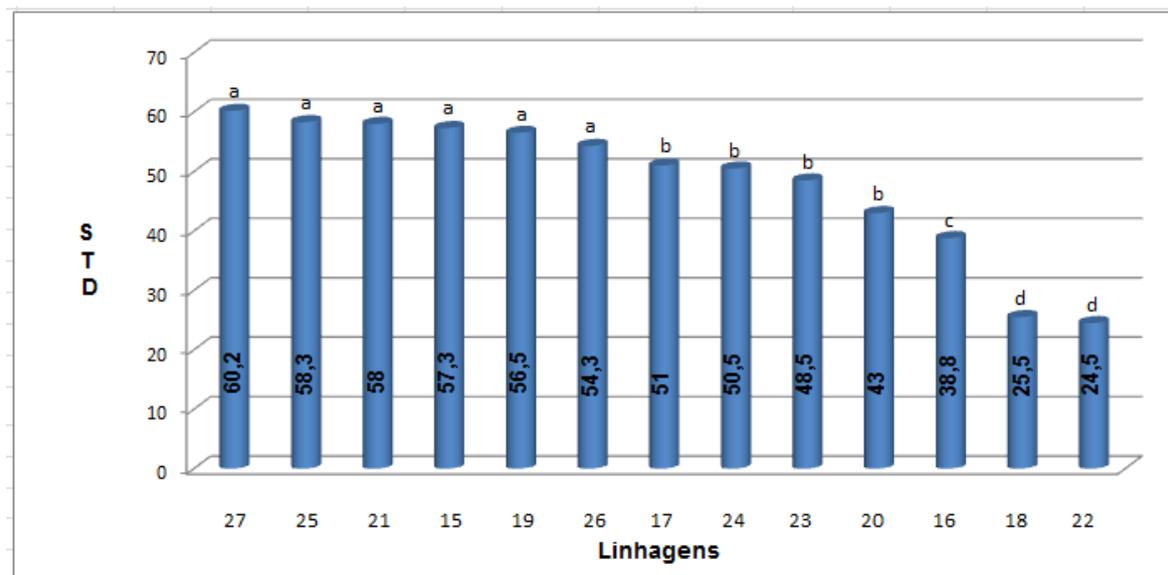
A época de florescimento é uma característica importante e influenciada diretamente pelas condições edafoclimáticas, sendo específica de cada região do país, podendo apresentar variações quanto ao surgimento das primeiras flores em uma mesma linhagem cultivada em diferentes locais, época de plantio e condições

climáticas. Matoso, (2011) cultivando feijão-caupi em Dourados-MS relata que obteve comportamento diferente para o início da floração com a cultivar BRS GUARIBA em dois anos consecutivos, no primeiro ano a cultivar iniciou o florescimento aos 37 dias após o plantio, e no ano seguinte aos 55 dias. Esse autor relacionou esses dois resultados às baixas temperaturas registradas na época de cultivo apresentadas no segundo ano, com média de 19°C, que segundo ele proporcionou maior crescimento vegetativo e um prolongamento do ciclo. Pode-se verificar que os resultados observados para esta variável foram, em termos médios, condizentes com os resultados que vêm sendo obtidos por outros pesquisadores em diferentes regiões.

O feijoeiro está entre as espécies cultivadas com menor duração de ciclo que, no Brasil, normalmente, varia em média de 65 a 90 dias. Essa tem sido a principal razão para o seu cultivo. Além do mais, em razão do ciclo curto, tem sido possível o seu cultivo em três épocas durante o ano, segundo Araújo & Ferreira, (2006). Mesmo assim, a procura por cultivares ainda mais precoce é frequente, entre outras razões, para reduzir o custo de produção, e maior flexibilidade na rotação de culturas. O principal caráter utilizado, para avaliar a precocidade, é o tempo decorrido entre a emergência e o aparecimento das primeiras flores. Informações em relação ao controle genético do início do florescimento foram fornecidas por Singh (1991). Indicando que o início da floração é um caráter a ser considerado na seleção de genótipos para o melhoramento do feijão-caupi, e que a partir da população em estudo é possível obter genótipos com maior precocidade e alta produtividade de grãos.

A maior expressão do potencial produtivo das cultivares é resultado da combinação de um conjunto de fatores, destacando-se, dentre eles, a população de plantas por ter influência marcante em várias características morfológicas, fisiológicas e de rendimento de grãos (Bezerra, 2005). Segundo Cardoso et al. (2005) a escassez ou excesso de plantas por área é uma das causas da baixa produtividade do feijão-caupi no Brasil.

As linhagens que compõem o grupo de maior stand foram representadas pela testemunha 26, linhagem 19, linhagem 15, linhagem 21, linhagem 25, linhagem testemunha 27, com um stand que varia 54,3 a 60,2 plantas por parcela respectivamente, não diferindo assim estatisticamente das demais que compõem o grupo principal, as quais são constituídas pelas linhagens melhoradas 19, linhagem 15, linhagem 21 e linhagem 25 (Gráfico 2).



**Gráfico 2** - Stand de plantas das linhagens feijão-caupi tipo fradinho em Bom Jesus do Itabapoana e Cambuci, nos anos agrícolas 2016 e 2017.

Pode-se observar que há uma tendência de que quanto maior o stand de plantas de cada linhagem, menor será o peso das 100 sementes (P100), bem como a produtividade de grãos por hectare (PROD), com exceção da linhagem testemunha 26 que apresentou superioridade de 25,6 gramas no (P100) sementes em relação às demais do grupo. Stand é uma característica inversamente proporcional a outras variáveis como o comprimento das vagens (COMP), número grãos por vagem (NGV) e índice grãos (IG). As linhagens que compõem ou formam o quarto grupo mais inferior em número de plantas, são representadas pelas linhagens 22 e linhagem 18, que apresentaram valores de 24,5 a 25,5 plantas por parcelas. Verificou-se que nessas linhagens as características (COMP, NGV, IG) foram superiores, com exceção da linhagem 18 que apresentou para variável peso sementes (P100) 26,9 gramas em contrapartida aos outros grupos avaliados, mas manteve na variável produtividade de grãos, menor rendimento, ou seja,  $1.010 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  obtidos nessa população de 25,5 plantas.

Verificou-se também que o grupo intermediário representado pela linhagem 20, linhagem 23, linhagem 24, linhagem 17 possuiu um stand 43 a 51 plantas por parcelas, valores esses considerados intermediários à média geral 48,1 plantas, mas altamente satisfatório em termos de produtividade de grãos por hectare, onde a linhagem melhorada 23 apresentou 48,5 plantas por parcela e se destacou em todas as variáveis avaliadas para o requisito produtividade. O aumento da competição entre

plantas nas maiores densidades populacionais provocou reduções significativas no número de ramos laterais e na área foliar da planta que, conseqüentemente, teve reflexos negativos na produção por planta dessas linhagens. Decréscimos na produção de grãos por planta em resposta ao aumento da população de plantas  $\text{ha}^{-1}$  foram observados também por Távora et al. (2001) e Mendes et al. (2005).

Vários fatores colaboraram para que a cultura do feijão-caupi fosse caracterizada como de baixa produtividade (365 kg/ha), incluindo o stand de plantas na área, a qual influencia diretamente as características morfofisiológicas, rendimento de grãos, e o aproveitamento dos recursos tecnológicos, ambientais e de manejo (Pedrozo et al., 2013). Resultados obtidos na análise desta variável podem estar relacionados ao maior número de plantas germinadas após o plantio na área das parcelas e conseqüentemente, presentes em pleno desenvolvimento morfológico após a técnica do desbaste.

Contudo, isto não é suficiente para resolver o problema de stand (STD) das plantas no experimento, pois muitas falhas podem ocorrer após o desbaste. Por outro lado, verificou-se que ocorreu um aumento na população de plantas de feijão-caupi a partir do momento do desbaste até a colheita da cultura no campo, houve conseqüentemente também a estabilização considerável do número de plantas daninhas em comparação ao stand inicial, devido à competição pelas invasoras até aos 25 dias de plantio.

Segundo Matos et al. (1991) o período crítico de prevenção às ervas daninhas seria de 11 a 35 dias após a emergência da cultura. Por outro lado, a interferência às ervas daninhas pode reduzir o stand final das plantas, o número de vagens por planta e o rendimento de grãos em até 90%.

Para o índice de grãos (IG) e PROD de grãos, em kg/ha, não se comprovou redução significativa entre as linhagens em comparação a essa variável, o que evidencia existir compensação da produtividade pelas plantas restantes nas parcelas neste experimento. Cardoso et al. (1997), avaliando densidade de plantas de feijão-caupi em diferentes cultivares, verificaram que o aumento da densidade resultou na redução do número de vagens por planta, sem, no entanto, afetar o rendimento de grãos, o número de grãos por vagens e o peso de 100 grãos, dentro de cada cultivar, embora tenham sido observadas variações para as respectivas características entre os cultivares avaliados.

A análise de variância revelou que as linhagens estudadas apresentaram diferenças significativas em relação ao valor de cultivo, nas quais consideram os aspectos da planta como vigor, arquitetura, aspecto fitossanitário, como fatores importantes que podem influenciar na possibilidade de obterem maior número de vagens, com maior rendimento na colheita e possibilidade de apresentar características favoráveis a futuros plantios comerciais.

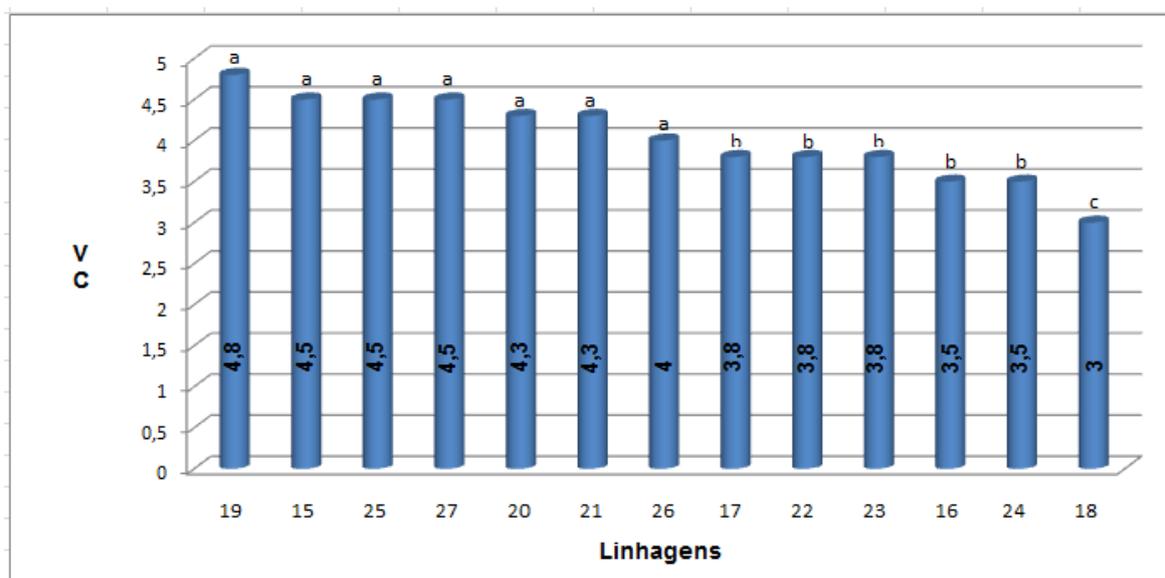
O valor de cultivo (VC) exerce um papel fundamental na seleção de materiais adaptados e com características agrônômicas desejáveis para possíveis indicações futuras de linhagens melhoradas de feijão-caupi para as condições edafoclimáticas das regiões de cultivo, como é o caso de Cambuci.

Devido à diversidade de condições ambientais onde o cultivo é implantado é necessário que os ensaios sejam conduzidos em diversos ambientes, com as parcerias entre instituições, a fim de possibilitar uma boa estimativa da interação genótipo ambiente, o que faz possível a estimação de estabilidade dos genótipos elite, proporcionando à indicação segura de cultivares para respectivos locais (Melo et al., 2007).

Comparando os resultados obtidos, percebe-se que as linhagens avaliadas formaram três grupos dentro do experimento para variável valor de cultivo, onde a linhagem testemunha 26, linhagem 21, linhagem 20, linhagem testemunha 27, linhagem 25, linhagem 15, linhagem 19, obtiveram os melhores resultados 4 a 4,8 segundo a escala de nota, (Tabela 2) proposta pela EMBRAPA, linhagens essas que apresentaram praticamente todas as características adequadas para o cultivo comercial, porém não apresentaram diferenças significativas dentro do grupo principal, em comparação com as outras duas linhagens tradicionais presentes, linhagens testemunhas 26 e 27.

Com relação ao valor de cultivo, observou-se entre os materiais avaliados, que a linhagens em destaque apresentaram nota superior, possuindo aspectos relevantes para esse ambiente.

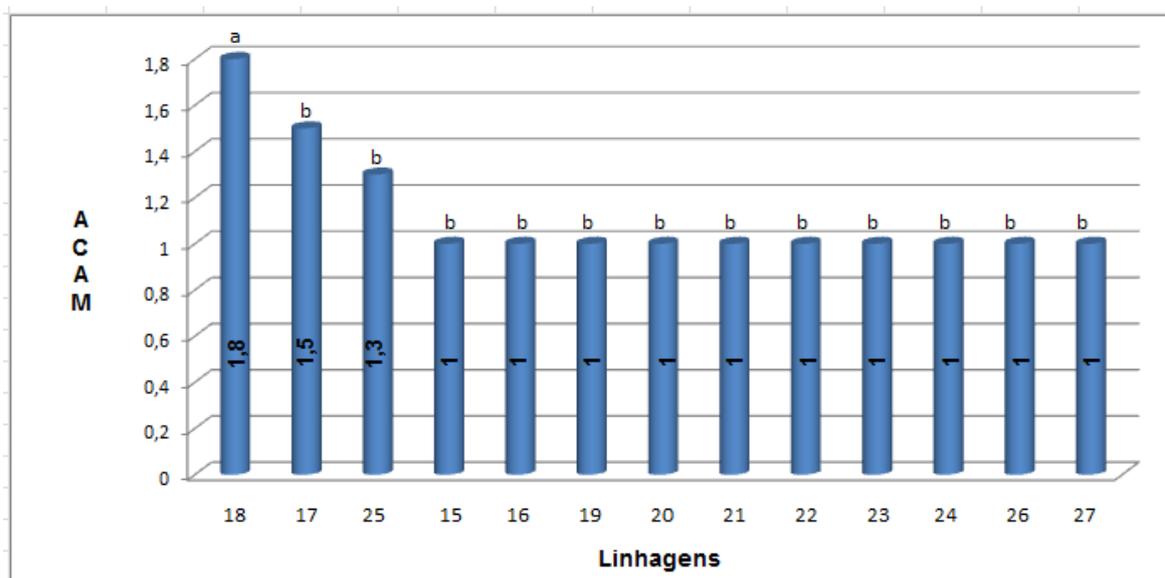
O segundo grupo apresentou médias 3,5 a 3,8 estatisticamente inferiores ao primeiro grupo, representado pela linhagem 24, linhagem 16, linhagem 23, linhagem 22, linhagem 17 e foram classificadas com a maioria das características adequadas ao cultivo comercial (Gráfico 3).



**Gráfico 3** - Valor de cultivo das linhagens feijão-caupi tipo fradinho em Bom Jesus do Itabapoana e Cambuci, nos anos agrícolas 2016 e 2017.

Na formação do terceiro grupo foi constatada a presença única da linhagem 18, a qual apresentou boa parte das características para o cultivo comercial, atingindo nota de valor 3, grupo este inferior às demais dentro do agrupamento. Na maioria das situações, os agricultores buscam no mercado linhagens com praticamente todas as características favoráveis ao cultivo comercial, ou seja, que apresentam um bom carrego, arquitetura ideal e seja resistente aos principais fatores climáticos.

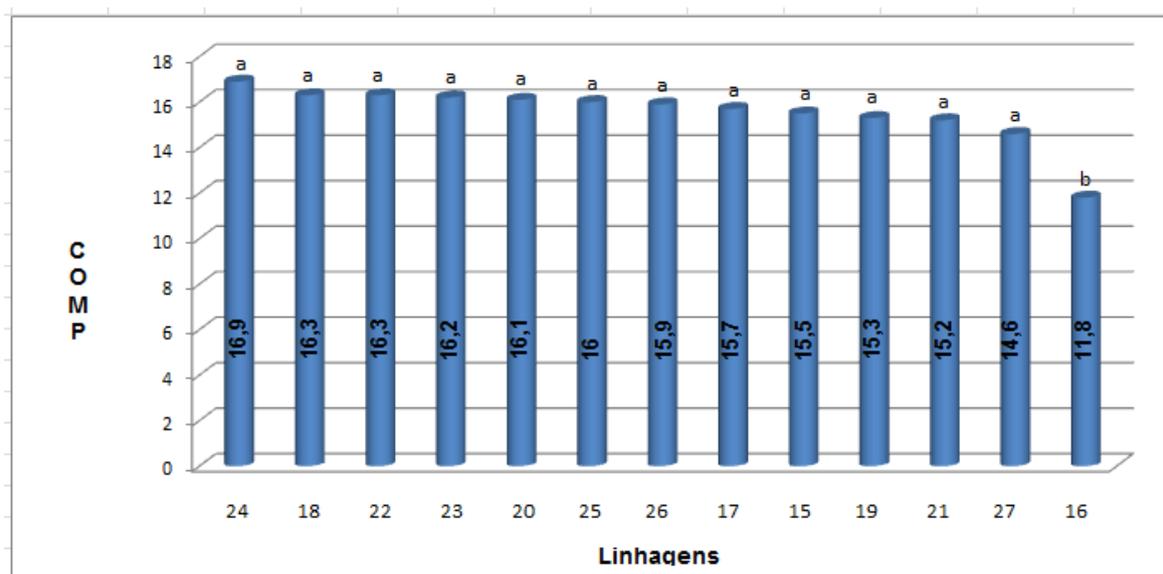
Em relação a variável acamamento, observou-se que as linhagens testemunhas 27 e 26, linhagem 24, linhagem 23, linhagem 22, linhagem 21, linhagem 20, linhagem 19, linhagem 16, linhagem 15, linhagem 25, linhagem 17, não apresentaram nenhuma planta acamada ou com o ramo principal quebrado, essas plantas avaliadas compõem o segundo grupo com maior número de linhagens, num total 12 com notas que variam 1 a 1,5 conforme a escala de notas da Embrapa, (Gráfico 4). Destacam-se por apresentar tolerância ao acamamento e plantas com porte mais ereto, com guias mais curtas e ramificações fechadas, onde as vagens presentes não tocam ao solo e facilitam aos tipos de colheita manual ou mecanizados, com baixo índice de perdas e melhor qualidade dos grãos.



**Gráfico 4** - Acamamento das plantas das linhagens feijão-caupi tipo fradinho em Bom Jesus do Itabapoana e Cambuci, nos anos agrícolas 2016 e 2017.

Um segundo grupo único foi constituído pela linhagem 18 que diferiu em relação às demais linhagens, por apresentar valor de 1,8 próximos à escala de nota da EMBRAPA, (Gráfico 4), ou seja, apresentou de 1 a 5% de plantas acamadas ou com o ramo principal quebrado.

Para característica comprimento das vagens (COMP), as linhagens avaliadas formaram dois grupos, um grupo principal que reúne a maioria das linhagens com as melhores características do ponto vista da seleção para os componentes associados à produtividade de grãos, com exceção da linhagem 16, que compõem o segundo grupo unitário com menor valor 11,8 cm inferior à média geral de todas as linhagens avaliadas neste experimento. Linhagem essa que irá contribuir negativamente para reduzir a característica comprimento das vagens e influenciará reduzindo o número de sementes ou grãos por vagens, com menor produtividade por hectare (Gráfico 5).



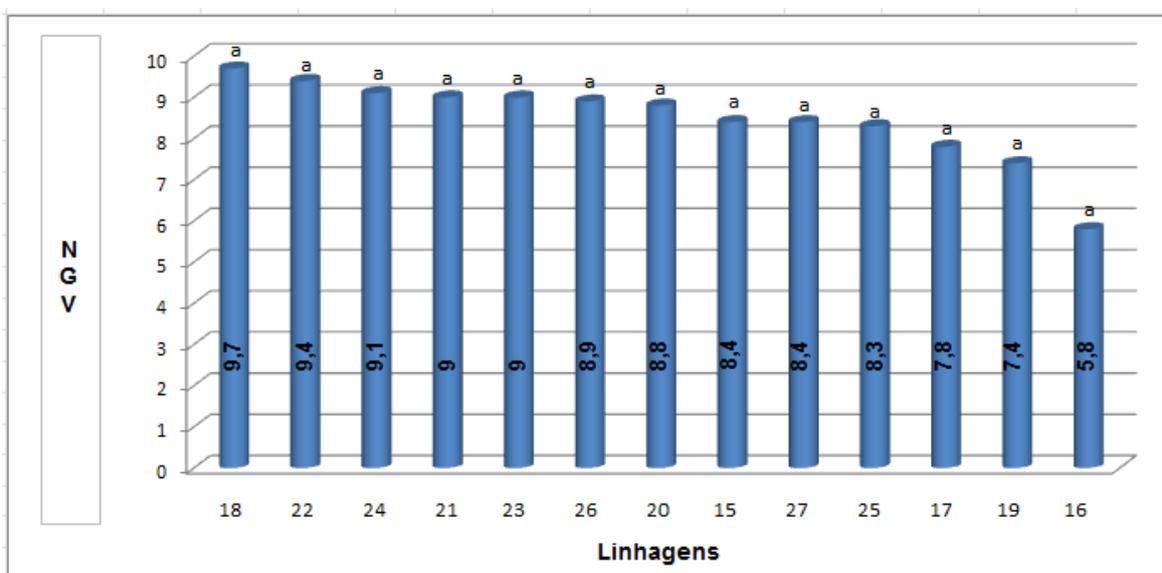
**Gráfico 5** - Comprimento médio das vagens de feijão-caupi tipo fradinho em Bom Jesus do Itabapoana e Cambuci, nos anos agrícolas 2016 e 2017.

Houve diferença estatisticamente significativa entre as linhagens para o comprimento médio das vagens, nos materiais genético que compõem esse agrupamento. O primeiro grupo formado foi composto pela maioria das linhagens presente dentro do agrupamento, sendo representada pelas linhagens 27, linhagem 21, linhagem 19, linhagem 15, linhagem 17, linhagem 26, linhagem 25, linhagem 20, linhagem 23, linhagem 22, linhagem 18, linhagem 24 que apresentaram valores que variam de 14,6 a 16,9 cm, não diferindo assim estatisticamente dentro do grupo principal. Nesse experimento a média do comprimento de vagens, foi 18,5 cm em relação às outras linhagens avaliadas para esta variável e inferior ao padrão comercial de 20 cm, proposto por Silva e Oliveira (1993).

Deve-se ressaltar que esse caráter é desejável para as colheitas semi-mecanizadas e mecanizadas, embora esse padrão esteja relacionado com a produtividade, vagens grandes e elevado número de grãos não são tão importantes.

Atualmente, para esses dois tipos de colheita, vagens menores com menor número de grãos e, conseqüentemente, mais leves, são preferidos, pois permitem melhor sustentação, reduzindo a possibilidade de dobramento e quebra do pedúnculo. Por serem mais leves, as vagens ficam menos sujeitas a encostar-se ao chão, o que reduz a possibilidade de ocorrência de perdas por apodrecimento (Silva; Neves, 2011). Todavia para a colheita manual quanto maior a vagem, maior será o número de grãos por vagem.

Para o número de grãos por vagem observou-se a formação dentro do agrupamento de um grupo único e igualitário estatisticamente, contendo treze linhagens feijão-caupi tipo fradinho, sendo representada pelas linhagens 16, linhagem 19, linhagem 17, linhagem 25, linhagem 27, linhagem 15, linhagem 20, linhagem 26, linhagem 23, linhagem 21, linhagem 24, linhagem 22, linhagem 18, onde foram obtidas as maiores médias com valores entre 5,8 para linhagem 16 e 9,7 grãos para linhagem 18 (Gráfico 6).



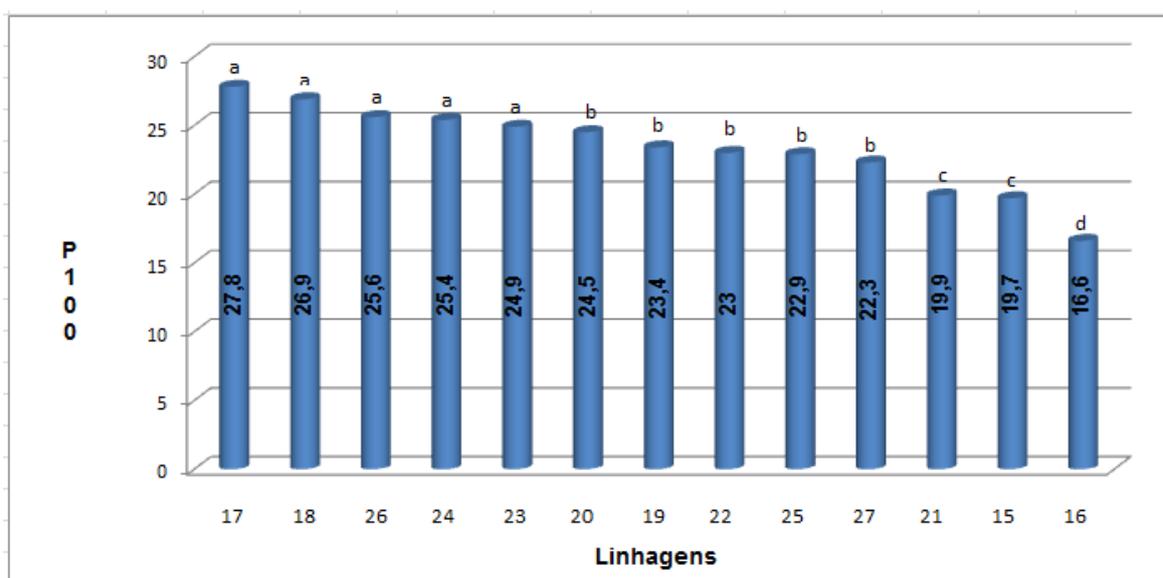
**Gráfico 6** - Número médio de grãos por vagem do feijão-caupi tipo fradinho em Bom Jesus do Itabapoana e Cambuci, nos anos agrícolas 2016 e 2017.

Para Oliveira et al. (2003) o componente número de grãos por vagem é de pouca importância direta na seleção para o aumento da produtividade; de conformidade com Lopes et al. (2011), esta variável é uma característica de alta herdabilidade genética sendo pouco influenciada pelo ambiente.

Diversos trabalhos com feijoeiro citados por Gomes Junior et al. (2005), Ramos Junior et al. (2005), Hoffmann Júnior et al. (2007), Teixeira et al. (2000), Elias et al. (2008), Coimbra e Carvalho (1998) e Ribeiro et al. (2003), encontraram para esta característica quantidades que variaram entre 3 e 7 grãos por vagem, valores estes inferiores aos obtidos nestes experimentos em Bom Jesus do Itabapoana e Cambuci - RJ.

As linhagens testemunha 27 e linhagem 26 são cultivares comercial e foram utilizadas para efeito de comparação com as linhagens avaliadas e apresentaram um valor expressivo de sementes por vagem, ou seja, 8,4 e 8,9 em comparação com a

linhagem 18 com valor 9,7 grãos por vagem. Outras linhagens como, por exemplo, a linhagem 23, linhagem 21, linhagem 24, linhagem 22, também apresentaram valor elevado de sementes por vagem, ou seja, superiores às testemunhas variando de 9 a 9,4 grãos por vagem respectivamente, mas não diferindo estatisticamente das testemunhas dentro do grupo para essa variável (Gráfico 7).



**Gráfico 7** - Peso médio dos grãos por vagens do feijão-caupi tipo fradinho em Bom Jesus do Itabapoana e Cambuci, nos anos agrícolas 2016 e 2017.

Com relação ao peso de 100 grãos, verificou-se que houve diferenças altamente significativas a 1% de probabilidade, indicando que existe variabilidade genética entre as linhagens feijão-caupi avaliadas conforme (Tabela 4). O peso de 100 grãos de cinco vagens é uma característica importante que está ligada à produção da cultura, ou seja, para esta característica foi possível à formação de quatro grupos pelo teste de Scott-Knott.

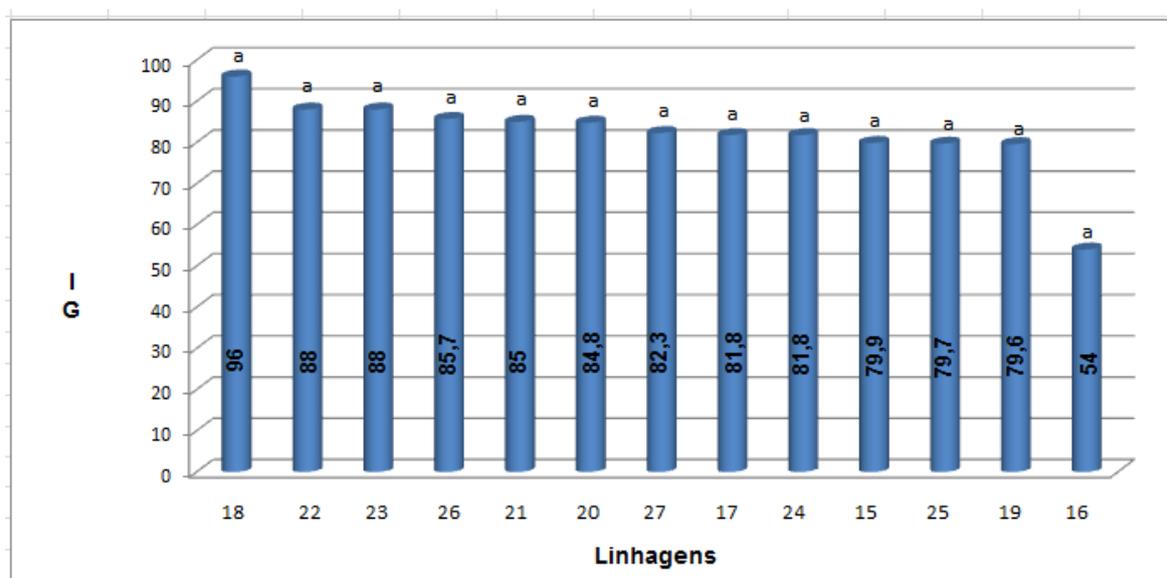
Desta forma constatou-se que a superioridade estatística da linhagem 17, linhagem 18, linhagem testemunha 26, linhagem 24, linhagem 23, corresponde aos valores de 27,8 a 24,9 gramas respectivamente para o principal grupo formado. Observa-se que a linhagem 17 proporcionou um bom rendimento em peso, ou seja, valores de 27,8 gramas juntamente com material comercial disponível no mercado, linhagem testemunha 26: BRS ITAIM, que apresentou 25,6 gramas, não diferindo estatisticamente dentro do grupo proposto. Em contrapartida, a outros grupos formados dentro do agrupamento, foi verificado que o último grupo apresentou um

valor inferior 16,6 gramas referente à linhagem 16. Sampaio et al. (2006) observaram que as linhagens de feijão-caupi do tipo semi-ereto e ereto apresentaram em média 19,3 e 20,2 gramas em (P100). Desta forma ficaram evidenciados valores inferiores ao principal grupo formado neste experimento.

Observa-se que os genótipos apresentaram respostas diferenciadas ao ambiente em termos peso 100 grãos de cinco vagens, possivelmente, o peso 100 sementes está influenciado pelo número de vagens por planta, bem como também irá influenciar proporcionalmente outras variáveis como produtividade de grãos e peso de vagens por hectare.

Para a característica Índice de grãos (IG) foi observada uma média geral relativamente alta, 78,39% conforme a (Tabela 4). E merece destaque as linhagens 24, 17, 27, 20, 21, 26, 23, 22, 18, 15, 25 e 19 por apresentarem índices superiores a essa média.

Observa-se que os resultados das 13 linhagens avaliadas no experimento foram agrupados em um único grupo, embora dentro desse grupo, não exista diferença significativa entre os genótipos pelo teste Scott Knott (Gráfico 8).

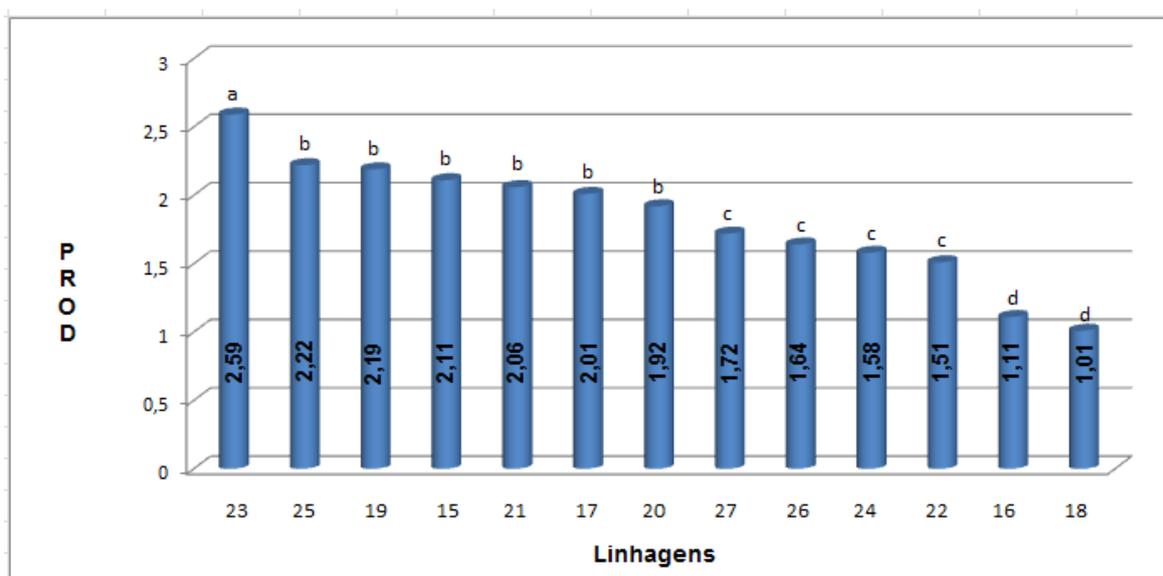


**Gráfico 8** - Índice de grãos do feijão-caupi tipo fradinho em Bom Jesus do Itabapoana e Cambuci, nos anos agrícolas 2016 e 2017.

Apesar de não diferirem estatisticamente, isto demonstra a existência de linhagens promissoras que poderão produzir igual ou mais que as variedades comerciais que se encontram no mercado, no caso Feltrin e Top seed blue line.

A linhagem 18 apresentou um valor expressivo de 96% de índices direcionados para os grãos, dentro do agrupamento, apesar de não diferir estatisticamente entre as demais do grupo. Isto demonstra a existência de linhagens promissoras que poderão produzir a mais que as variedades comerciais que se encontram no mercado, no caso das linhagens 27 (CB-27) e 26 (BRS Itaim).

A produtividade de grãos foi obtida através do peso dos grãos na área útil em quilogramas, com correção para 12 a 14% de umidade e os dados foram transformados para  $\text{kg ha}^{-1}$ . Constatou-se que houve variação entre os genótipos avaliados, formando quatro grupos bem distintos dentro do agrupamento. O primeiro grupo em destaque foi formado e representado pela linhagem 23. E os outros dois grupos intermediários representados pelas linhagens 20, 17, 21, 15, 19 e 25 referente ao segundo grupo, já o terceiro grupo foi formado pelas linhagens 22, 24, 26 e 27 e por último houve a formação do quarto grupo inferior e com uma menor produtividade dentro do agrupamento, sendo representados pelas linhagens 18 e 16 respectivamente obtendo produtividade de  $1.010 \text{ kg há}^{-1}$  e  $1.110 \text{ kg há}^{-1}$ , sendo superior a média nacional brasileira (Gráfico 9).



**Gráfico 9** - Produtividade média de grãos em  $\text{kg/ha}$  de feijão-caupi tipo fradinho em Bom Jesus do Itabapoana e Cambuci, nos anos agrícolas 2016 e 2017.

A produtividade de grãos no experimento variou de um limite inferior de  $1.010 \text{ kg ha}^{-1}$  a  $2.590 \text{ kg ha}^{-1}$ , obtidos entre as linhagens 18 e 23. Destacaram-se com produtividade de grãos acima da média, ou seja,  $1.770 \text{ kg ha}^{-1}$ , as linhagens 20, 17, 21, 15, 19, 25, apresentaram, respectivamente, os valores de  $1.920 \text{ kg ha}^{-1}$ ,  $2.010 \text{ kg ha}^{-1}$ ,  $2.060 \text{ kg ha}^{-1}$ ,  $2.110 \text{ kg ha}^{-1}$ ,  $2.190 \text{ kg ha}^{-1}$  e  $2.220 \text{ kg há}^{-1}$ .

As linhagens testemunhas 26 e 27 apresentaram valores abaixo da média dentro do agrupamento, ou seja, valores respectivamente de 1.640 kg ha<sup>-1</sup> e 1.720 kg ha<sup>-1</sup>, para essas duas localidades em estudo.

No Brasil, a produtividade média nacional do feijão-caupi é bastante baixa, sendo em torno de 360 kg ha<sup>-1</sup> (Oliveira et al., 2013). O melhoramento genético dessa cultura é o modo mais eficaz de aumentar a produtividade média, desenvolvendo assim cultivares mais promissora, por meio de ensaios de valor de cultivo é possível selecionar genótipos de alta produção e adaptados às diferentes condições edafoclimáticas brasileiras (Torres et al., 2015).

A maior produção de grãos obtida neste experimento foi 2.590 kg ha<sup>-1</sup>, conseguida com a linhagem 23, sendo superior as produtividades do feijão-caupi encontrado nos trabalhos de Bezerra (1997) com 2.235 Kg ha<sup>-1</sup>, Freire Filho et al. (2005), 1.049 kg ha<sup>-1</sup> e Silva (2011b) 1.325 Kg ha<sup>-1</sup>. Possivelmente essa linhagem apresentou melhor desempenho nas condições climáticas de Bom Jesus do Itabapoana e Cambuci por absorver mais eficientemente água e os nutrientes necessários que promoveram uma maior produção de foto assimilado, bem como um maior acúmulo de matéria seca, principalmente, nas fases de floração, formação de vagens e enchimento de grãos, refletindo assim numa maior produtividade por hectare e conseqüentemente uma maior renda para os agricultores da região do Estado do Rio de Janeiro.

Na cultura do feijoeiro, a produtividade de grãos é altamente correlacionada com os componentes da produção, ou seja, número de vagens por planta, número de grãos por planta e massa de grãos (Costa; Zimmermann, 1988). Dependendo das condições, alguns componentes da produção podem aumentar e outros diminuir, facilitando a manutenção da estabilidade produtiva (Casquero et al., 2006).

Esses resultados encontrados são muito significativos para os produtores da região Noroeste Fluminense, pois permitem assim a escolha das linhagens mais adaptadas e com alta produtividade. Segundo Carbonell et al. (2007) a avaliação do desempenho de linhagens e cultivares em locais estratégicos permitem a identificação de genótipos promissores nas regiões onde são avaliadas.

## 5.2. Experimento de feijão-caupi tipo cores em Bom Jesus do Itabapoana e Cambuci - RJ, nos anos agrícolas 2016 e 2017

Analisando os resultados mostrados na (Tabela 5), observa-se que a diferenças altamente significativas ( $P < 0,01$ ) foram encontradas para as características stand de plantas (STD) e acamamento (ACAM). Foi também constatada significância ( $P \leq 0,05$ ) para as características como número de dias para o florescimento (NDF), valor de cultivo (VC), comprimento das vagens (COMP) e o peso de 100 sementes (P100). Em relação a outras características presente no experimento como número de grãos de cinco vagens (NGV), índice de grãos (IG), produtividade de grãos por hectare (PROD), não houve diferença significativa entre os genótipos avaliados pelo teste F.

**Tabela 5** - Análise de variância das médias do feijão-caupi tipo cores em Bom Jesus do Itabapoana e Cambuci - RJ, nos anos agrícolas 2016 e 2017

F.V	Quadrados médios									
	GL	NDF	STD	VC	ACAM	COMP	NGV	P100	IG	PROD
Bloc	3	90,83	92,17	0,27	0,70	6,26	1,92	21,03	111,83	0,23
Gen	13	124,35*	578,72**	1,14*	0,27**	6,59*	4,16 <sup>ns</sup>	39,56*	363,18 <sup>ns</sup>	0,80 <sup>ns</sup>
Res	36	146,32	184,33	0,90	0,08	6,36	2,83	17,49	221,44	0,38
Med		52,90	48,17	3,98	1,09	15,52	8,44	25,01	81,95	1,82
CV%		22,86	28,18	23,84	26,50	16,24	19,93	14,15	18,15	4,01

Não significativo (ns), significativo a 5% (\*), significativo a 1% (\*\*) de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

A constatação de significância para os quadrados médios dos genótipos para seis das nove variáveis avaliadas, permite inferir que existe variabilidade fenotípica entre as linhagens e se consubstancia a perspectiva de sucesso na seleção de linhagens superiores. O coeficiente de variação (Tabela 5) representa a variação ambiental e se define pela razão entre o desvio padrão e a média fenotípica, sendo expresso assim em percentagem. A avaliação do coeficiente de variação como medida de precisão dos experimentos tem sido utilizada em diversas culturas.

Avaliando a variação experimental devido aos fatores não controláveis no experimento e de acordo com a classificação proposta por Pimentel-Gomes (2000), valores inferiores a 10% são considerados baixos, indicando assim que as variáveis estudadas, são características genéticas menos afetadas pelas variações ambientais em nível de campo, para valores compreendidos entre 20 e 30 % são altos, os quais,

são considerados como um referencial satisfatório de condução do experimento em nível de campo, todavia por outro lado valores superiores a 30%, são considerados muitos altos.

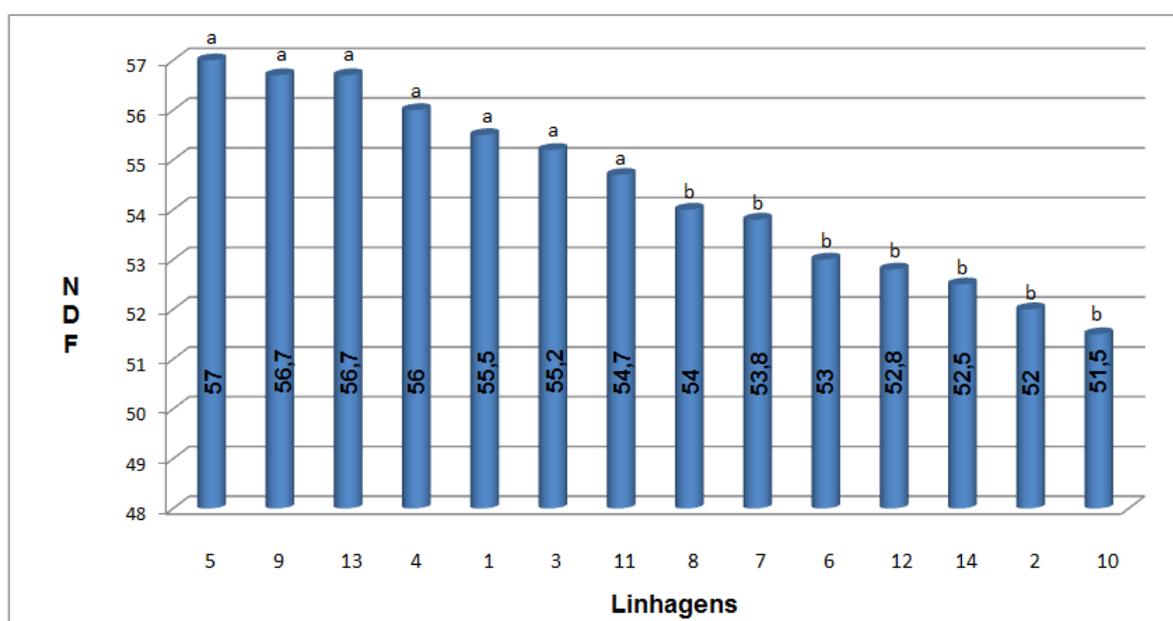
O coeficiente de variação ambiental variou de 14,15% para o peso de 100 sementes (P100) a 34,01% para a variável produtividade de grãos. Esses coeficientes foram elevados para todos os caracteres avaliados.

Com relação aos coeficientes de variação estimados no experimento de campo, (tabela 5), as variáveis avaliadas apresentaram valores médios de (CV) compreendidos entre 14,15% para peso de 100 sementes (P100), 16,24% comprimento de vagem, 18,15% índice de grãos e 19,93% para o número de grãos cinco vagens, valores estes considerados muito bons como medida de precisão das variações ambientais. E valores alto e satisfatório 22,86% para o número de dias para o início do florescimento, 23,84% para valor de cultivo, 26,18% referente ao acamamento das plantas e finalmente um valor 28,18% para stand de plantas na parcela. Todavia por outro lado valores superiores a 30% são considerados muitos altos e foram encontrados na variável produtividade de grãos por hectare valor de 34,01%, onde se verificou maior influência do ambiente para esta variável.

O feijoeiro está entre as espécies cultivadas com menor duração de ciclo que, no Brasil, normalmente, varia de 85 a 90 dias. Essa tem sido a principal razão para o seu cultivo. Além do mais, em razão do ciclo curto, tem sido possível o seu cultivo em três épocas durante o ano (Araújo e Ferreira, 2006). Mesmo assim, a procura por cultivares ainda mais precoce é frequente, entre outras razões, para reduzir o custo de produção, e maior flexibilidade na rotação de culturas. O principal caráter utilizado, para avaliar a precocidade, é o tempo decorrido entre o plantio e o aparecimento das primeiras flores. Informações em relação ao controle genético do início do florescimento foram fornecidas por Singh (1991). Indicando que o início da floração é um caráter a ser considerado na seleção de genótipos para o melhoramento do feijão-caupi, e que a partir da população em estudo é possível obter genótipos com maior precocidade e alta produtividade de grãos.

No gráfico 1 pode-se observar que houve a formação de dois grupos de genótipos referente ao caractere número de dias para o florescimento, sendo a linhagem 11, linhagem 3, linhagem testemunha 1, linhagem 4, linhagem 13, linhagem 9, linhagem 5, formando um grupo superior em (NDF) com valores que variam de 54,7 a 57 dias aproximadamente. Um segundo grupo inferior foi formado dentro do

agrupamento sendo representado pela linhagem 10, linhagem 2, linhagem testemunha 14, linhagem 12, linhagem 6, linhagem 7, linhagem 8, que são materiais que apresentam mais precocidade, sendo que a linhagem 10, mesmo não se diferenciando das demais estatisticamente dentro do grupo, apresentou-se o florescimento aos 51,5 dias, em comparação a média do número de dias para florescimento que foi de 52,90 dias.



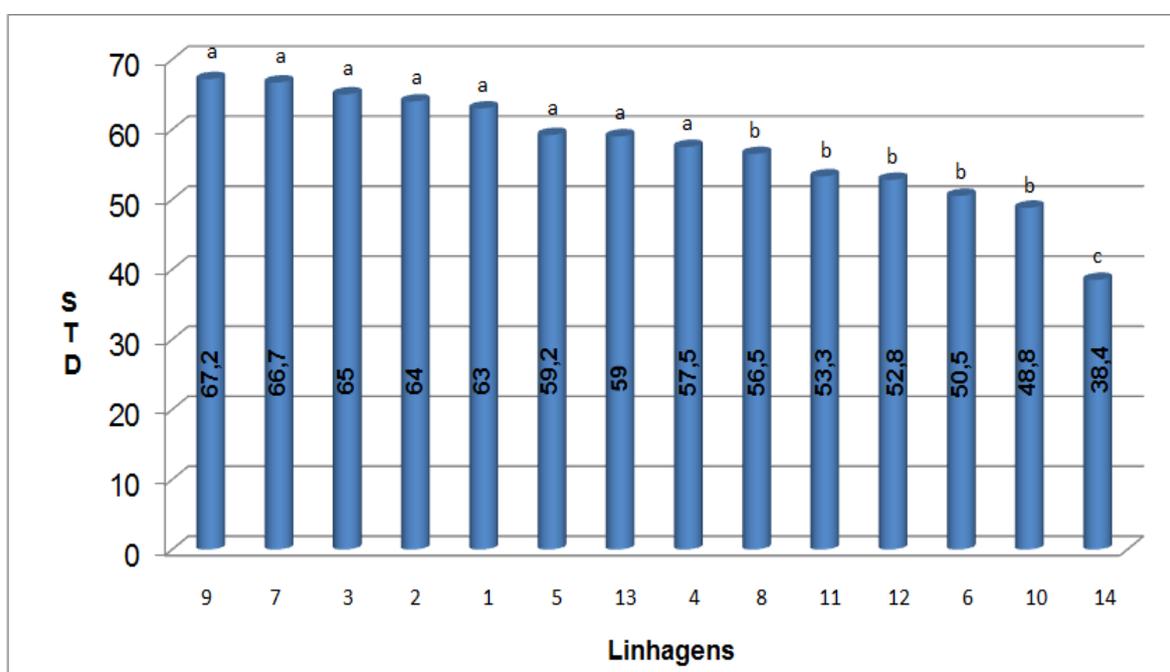
**Gráfico 1** - Número de dias para florescimento das linhagens feijão-caupi tipo cores em Bom Jesus do Itabapoana e Cambuci, nos anos agrícolas 2016 e 2017.

Em relação ao stand de plantas nas parcelas houve a formação de três grupos principais dentro do agrupamento, sendo o primeiro grupo maior contendo oito linhagens em destaque ao número de plantas presentes nas parcelas e representados pelas linhagens 4, linhagem testemunha 13, linhagem 5, linhagem 1, linhagem 2, linhagem 3, linhagem 7, linhagem 9, com um total de 57,5 a 67,2 plantas. Um segundo grupo também foi formado pela linhagem 10, linhagem 6, linhagem 12, linhagem 11, linhagem 8, com valor intermediário variando 48,8 a 56,5 plantas e posteriormente um terceiro grupo único apresentou valor 38,5 plantas sendo representado pela linhagem testemunha 14.

Houve efeito na interação do stand de plantas em relação às linhagens avaliadas, ou seja, o aumento do stand de plantas nos ensaios de feijão-caupi para linhagem 4, linhagem 13, linhagem 5, linhagem 1, linhagem 2, linhagem 3, linhagem 7, linhagem 9 diminuiu conseqüentemente o comprimento das vagens para estas mesmas

linhagens, com exceção da linhagem testemunha 13 tradicional, que se identificou por apresentar o comprimento das vagens maior e os grãos mais pesados com tamanho médio em relação às outras linhagens avaliadas (Gráfico 2).

A quantidade de plantas presente na área experimental justifica a competição entre as plantas por água, luz e nutrientes, mas mantém consequentemente a mesma quantidade grãos dentro das vagens e assim diminuem a variável (P100) sementes, para todas as linhagens com exceção também da linhagem testemunha 14 cultivar tradicional que se identificou por apresentar os grãos pesados com tamanho médio em relação às outras linhagens avaliadas.



**Gráfico 2** - Stand de plantas das linhagens feijão-caupi tipo cores em Bom Jesus do Itabapoana e Cambuci, nos anos agrícolas 2016 e 2017.

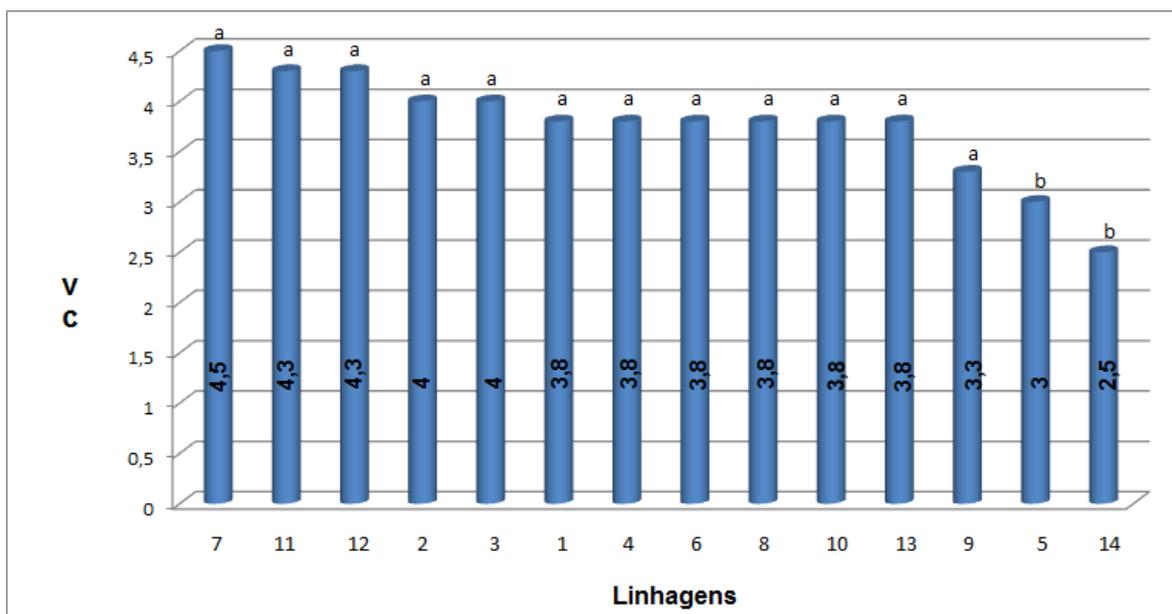
Vários fatores colaboram para que o feijão-caupi seja caracterizado como uma cultura de baixa produtividade (365 kg/ha), incluindo o stand de plantas presentes na área, a qual influencia diretamente as características morfofisiológicas de rendimento de grãos e o aproveitamento dos recursos tecnológicos, ambientais e de manejo (Pedrozo et al., 2013). Resultados obtidos na análise desta variável estão relacionados ao maior número de plantas germinadas após o plantio na área das parcelas e consequentemente, presentes em pleno desenvolvimento morfológico após a técnica do desbaste.

Contudo, isto não é o suficiente para resolver o problema de stand de plantas presentes no experimento, pois muitas falhas podem ocorrer após o desbaste. Por outro lado, é possível verificar que ocorre um melhor desenvolvimento nas plantas de feijão-caupi a partir do momento em que se realiza o desbaste até a colheita e conseqüentemente a estabilização considerável do número de plantas de ervas daninhas em comparação ao stand inicial dentro da parcela, devido à competição por nutrientes, água, espaço.

Segundo Matos et al. (1991) o período crítico de prevenção às ervas daninhas seria de 11 a 35 dias após a emergência da cultura. Por outro lado, a interferência às ervas daninhas pode reduzir o stand final das plantas, o número de vagens por planta e o rendimento de grãos em até 90%.

A procura por plantas de feijão-caupi bem formadas, crescimento uniforme e porte mais compacto e ereto, vem despertando o interesse de grandes agricultores que praticam uma agricultura mais tecnificada ou mesmo aqueles pequenos agricultores que praticam a agricultura manual. Assim a busca pela planta ideal, com vagens maiores, rendimento na colheita e facilidade de manejo objetivou identificar as linhagens com melhor valor de cultivo que são essenciais para o cultivo no campo.

As linhagens que se destacaram das demais e apresentaram as melhores notas em arquitetura segundo (tabela 2) da Embrapa, no que diz respeito à característica de valor cultivo, formaram um grupo grande e superior, apresentando a maioria com nota variável entre 3,3 a 4,5, (gráfico 3) ou seja, com boa parte das plantas adequadas ao cultivo comercial para região do estado do Rio de Janeiro.

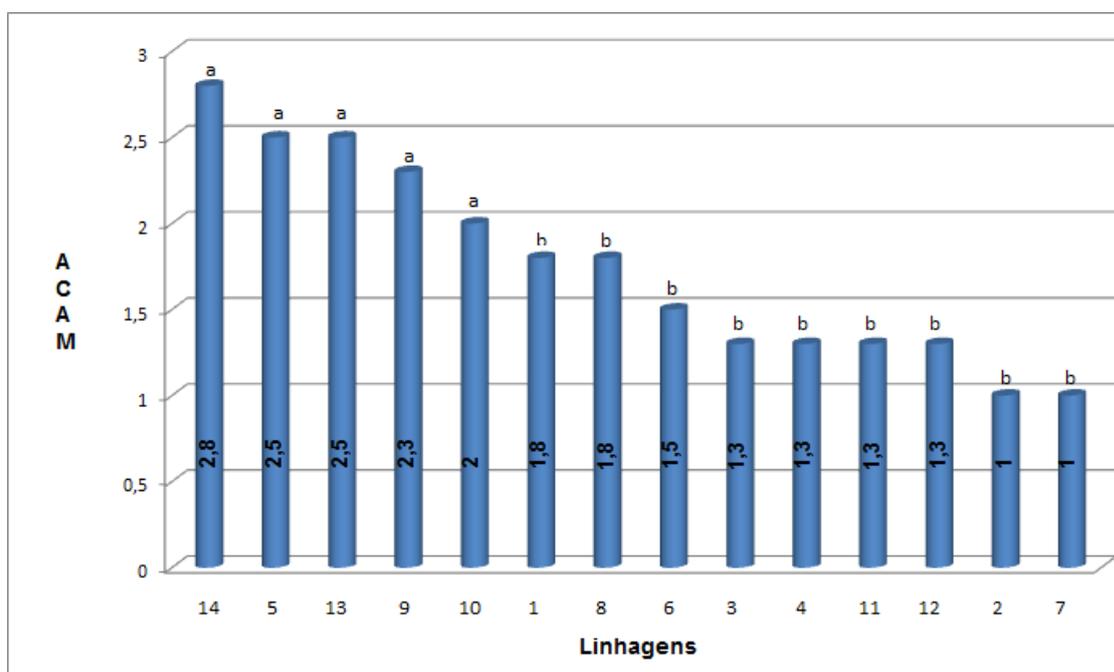


**Gráfico 3** - Valor de cultivo das linhagens feijão-caupi tipo cores em Bom Jesus do Itabapoana e Cambuci, nos anos agrícolas 2016 e 2017.

Machado et al. (2008) relata que o comprimento do ramo principal e o número de nós no ramo principal são caracteres importantes para a arquitetura de planta das cultivares destinadas principalmente à colheita mecanizada, sendo este um diferencial importante nas cultivares de porte semi-ereto e ereto por apresentar o ramo principal mais curto em relação as cultivares de porte semi-prostado e prostado, pois além de viabilizar a colheita mecanizada, facilita a colheita manual que é mais utilizada atualmente, facilita também os tratos culturais e além disso reduz a disseminação de doenças por patógenos de solo.

Um segundo grupo inferior foi formado pela linhagem 14 e linhagem 5, verificou-se que os valores apresentados para essa variável em relação a essas duas linhagens ficaram entre 2,5 a 3, ou seja, são plantas que não apresentaram nenhuma características apropriada ao cultivo comercial ou com poucas características, sendo indesejáveis no aspecto comercial.

Para a característica grau de acamamento, as linhagens apresentaram dois grandes grupos conforme (gráfico 4). O primeiro grupo formado apresentou um grau expressivo de plantas acamadas ou com ramo principal quebrado. Sendo formado pelas linhagens 10, linhagem 9, linhagem 13, linhagem 5, linhagem 14 que apresentaram amplitude de valor entre 2 a 2,8. Segundo a escala de nota da EMBRAPA, esse grupo apresentou plantas mais suscetíveis ao acamamento, o que pode dificultar o processo de colheita manual e mecanizado, além de apresentar um aspecto visual não muito satisfatório comercialmente.

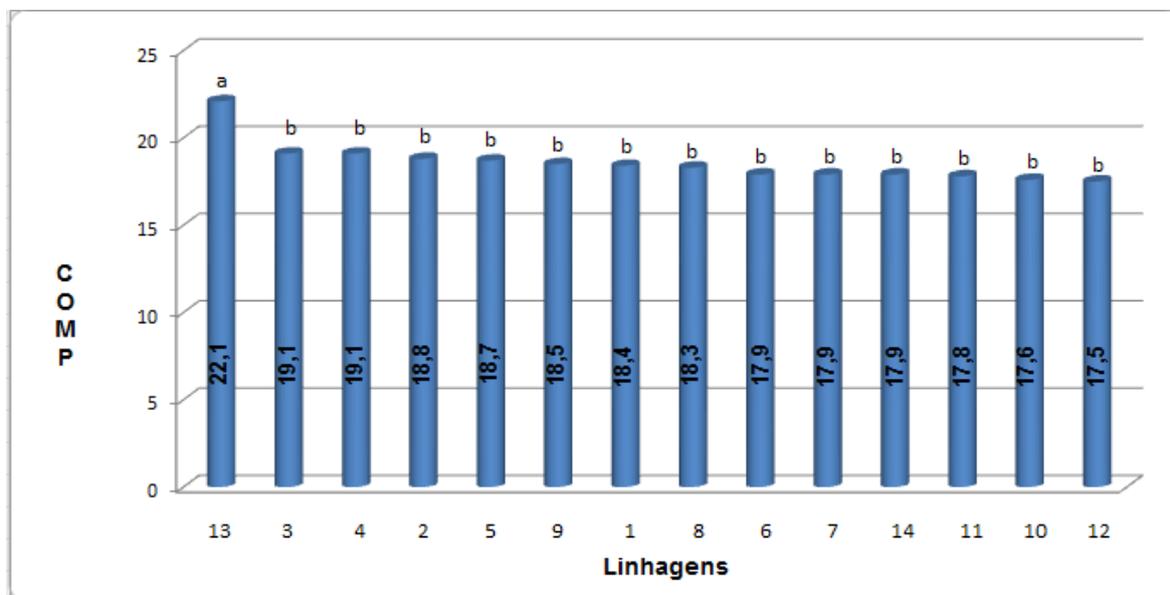


**Gráfico 4** - Acamamento de plantas das linhagens feijão-caupi tipo cores em Bom Jesus do Itabapoana e Cambuci, nos anos agrícolas 2016 e 2017.

Em seguida foi formado o segundo grupo com a maioria das linhagens que apresentaram nota de 1 a 1,8 segundo a (tabela 3), representadas respectivamente pelas linhagens 7, linhagem 2, linhagem 12, linhagem 11, linhagem 4, linhagem 3, linhagem 6, linhagem 8, linhagem 1, ou seja, nenhuma planta acamada ou com o ramo principal quebrado, sendo consideradas plantas tolerantes ao acamamento.

Observa-se que a linhagem 13 como testemunha apresenta hábito de crescimento indeterminado, porte semiereto, com florescimento médio em torno de 39 a 42 dias e ciclo de 65 a 70 dias. Os grãos são de coloração branca e o tipo de tegumento é liso (Vilarinho et al., 2008a). A linhagem apresentou-se superior em comprimento e única num grupo em destaque diferindo das linhagens avaliadas por apresentar valor de 22,1 cm de comprimento médio das vagens, bem como aos

trabalhos proposto por Lopes et al. (2006) e por Santos et al. (2000), os quais avaliaram genótipos de feijão-caupi e obtiveram uma média de 19,0 cm respectivamente sobre condições de irrigação e de sequeiro (Gráfico 5).

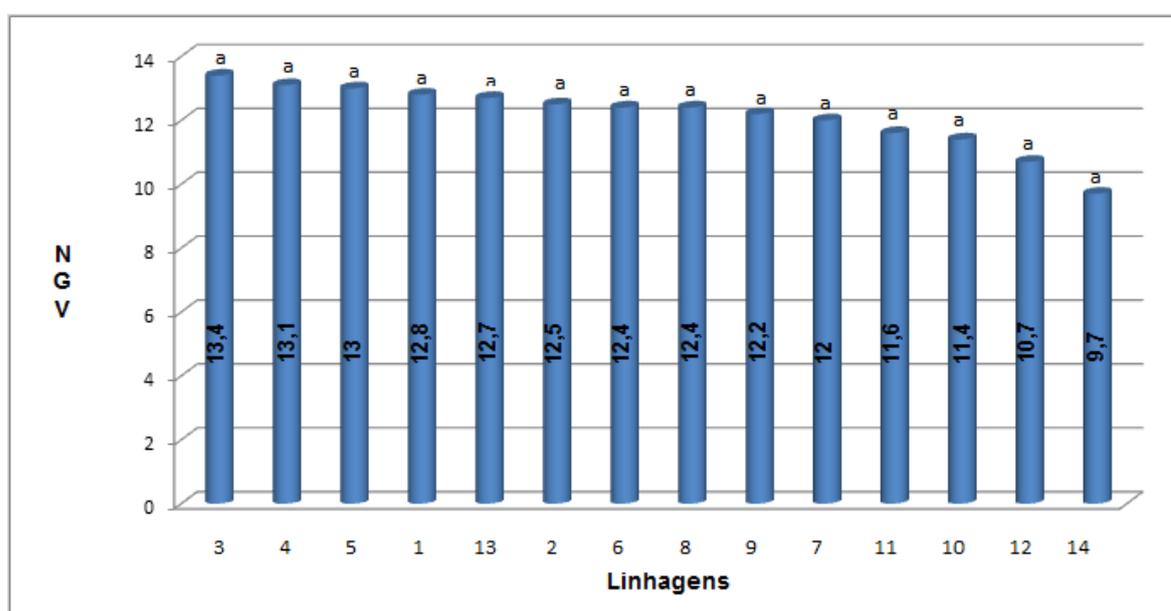


**Gráfico 5:** Comprimento das vagens das linhagens feijão-caupi tipo cores em Bom Jesus do Itabapoana e Cambuci, nos anos agrícolas 2016 e 2017.

A linhagem testemunha tradicional apresentou comprimento superior ao padrão e maior que as linhagens avaliadas para este trabalho, ou seja, linhagem 12, linhagem 10, linhagem 11, linhagem testemunha 14, linhagem 7, linhagem 6, linhagem 8, linhagem 1, linhagem 9, linhagem 5, linhagem 2, linhagem 4, linhagem 3, cujas linhagens melhoradas com exceção da testemunha tradicional, apresentaram valor entre 17,5 a 19,1 cm não diferindo entre si, mas apresentaram valor inferior e não significativos à testemunha linhagem 13 em relação ao comprimento médio das vagens.

Neste trabalho a média foi 15,52 cm em relação às outras linhagens avaliadas para esta variável e inferior ao padrão comercial de 20 cm, proposto por Silva e Oliveira (1993).

Para o número de grãos por vagem, observou-se formação de um grande grupo estatístico, contendo as quatorze linhagens. O grupo apresentou valores que variaram entre 9,7 grãos por vagem para a linhagem testemunha 14 e 13,4 grãos por vagem para linhagem 3. Todos os genótipos, respectivamente apresentaram superiores à média do grupo. Pode-se afirmar que não houve diferença significativa entre elas e a mesma apresentam valores superiores aos diversos trabalhos como os de Gomes Junior et al. (2005), Ramos Junior et al. (2005), Hoffmann Júnior et al. (2007), Teixeira et al. (2000), Elias et al. (2008), Coimbra e Carvalho (1998) e Ribeiro et al. (2003), que encontraram para esta característica quantidades que variaram entre 3 e 7 grãos por vagem, valores inferiores aos obtidos neste experimento.

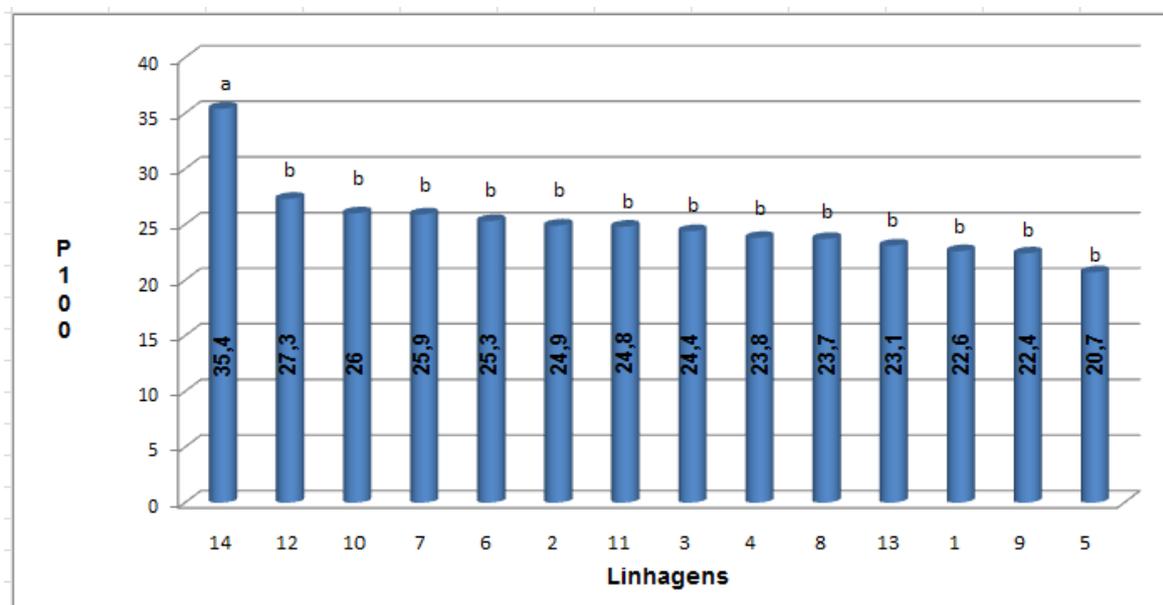


**Gráfico 6** - Número de grãos por vagem das linhagens feijão-caupi tipo cores em Bom Jesus do Itabapoana e Cambuci, nos anos agrícolas 2016 e 2017.

Para Oliveira et al. (2003) o componente número de grãos por vagem é de pouca importância direta na seleção para o aumento da produtividade, por apresentar baixa correlação (efeito direto) com a produtividade. De acordo com Lopes et al. (2011), esta variável é uma característica de alta herdabilidade genética sendo pouco influenciada pelo ambiente.

A característica P100 foi a que possibilitou a discriminação de dois grupos bem definidos entre os tratamentos pelo teste Scott Knott, ou seja, ocorreu diferença altamente significativa a 1%, indicando que existe variabilidade genética entre as linhagens nestes ambientes (gráfico 7). A linhagem testemunha 14 apresentou valor único e superior dentro do agrupamento como peso de 35,4 g para P100. De acordo

com Singh et al. (1989), o tamanho das sementes de feijão cultivado pode variar de menos de 15 a 90 g por 100 sementes e são agrupadas em pequenas com menos de 25 g, médias de 25 a 40 g por 100 sementes e grandes.



**Gráfico 7** - Peso 100 sementes das linhagens feijão-caupi tipo cores em Bom Jesus do Itabapoana e Cambuci, nos anos agrícolas 2016 e 2017.

Pode-se observar que no segundo grupo houve a formação de um maior número de linhagens que apresentaram igualdade de valor e estes não diferenciaram estaticamente pelo teste acima proposto, ou seja, a linhagem 5, linhagem 9, linhagem 1, linhagem testemunha 13, linhagem 8, linhagem 4, linhagem 3, linhagem 11, linhagem 2, linhagem 6, linhagem 7, linhagem 10 e a linhagem 12 oscilaram entre os valores de 20,7 a 27,3 gramas por P100.

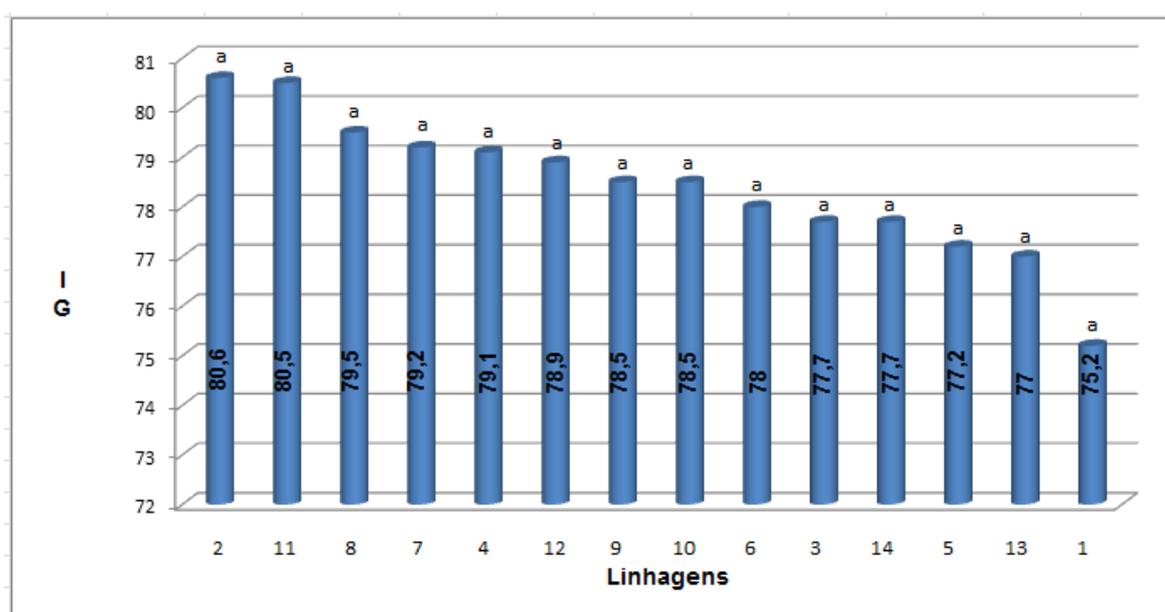
O peso das sementes apresentou o coeficiente de variação médio de 14,15 %, valores estes que são considerados ótimos como medida de precisão das variações ambientais (tabela 5), o que explica a natureza quantitativa sendo influenciada pelo ambiente.

A presença da água disponível na superfície do solo para as plantas pode estar associada a outros fatores como a fertilidade do solo, manejo cultural e provocar um equilíbrio no desenvolvimento das plantas, o que conseqüentemente conduzirá ao enchimento dos grãos, aumentando assim a produtividade.

A superioridade da linhagem 14 em relação às demais linhagens melhoradas reflete um esforço do programa de melhoramento genético em feijão-caupi para o estado do Rio de Janeiro.

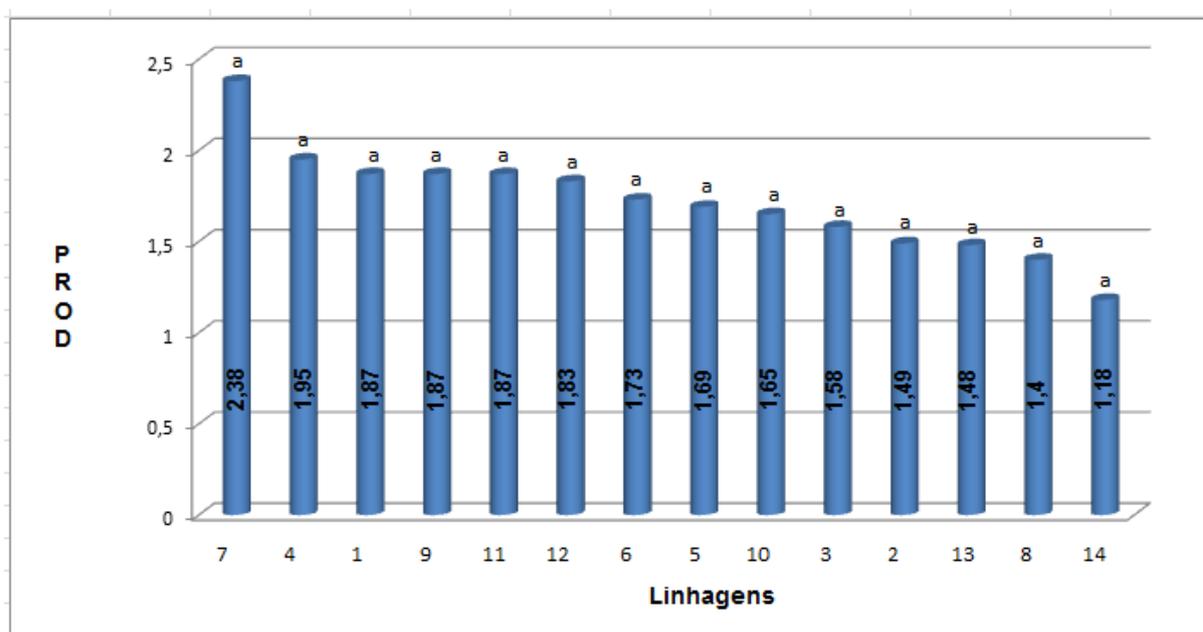
A estimativa para o Índice de grãos (IG) é determinado pela razão entre produção de grãos e o peso das vagens x 100, expresso em porcentagem. Não foram significativas conforme a (tabela 5), pelo teste F, ou seja, apresentou entre os genótipos valores que evidenciam a não existência de variabilidade genética entre as linhagens em relação a esta variável.

O coeficiente de variação apresentou boa precisão neste experimento para essa variável cujo valor correspondido foi 18,15 %, indicando que a variável avaliada apresenta característica genética menos afetada pelas variações ambientais. Essas linhagens apresentaram uma variação do índice de grãos com valores entre 75,5% a 80,6%, distribuindo as linhagens num grande e único grupo, com igualdade entre elas. A linhagem 11 e a linhagem 2, apresentaram valores importantes de ser aproveitadas em futuros experimentos, ou seja, 80,6% a 80,5 % indica que a variável índice de grãos, é uma importante característica no que diz respeito a produtividade de grãos secos e verdes. Oliveira et al. (2009) avaliando genótipos de feijão-caupi em Aquidauana-MS, obtiveram valores que variaram de 53,17 a 75,89% (Gráfico 8). De acordo com Freire Filho et al. (2005), o IGV é um parâmetro importante para selecionar cultivares produtoras de grãos verdes, pois, este mede a eficiência no que se refere à alocação de fotossintatos para os grãos.



**Gráfico 8** - Índice de grãos das linhagens feijão-caupi tipo cores em Bom Jesus do Itabapoana e Cambuci, nos anos agrícolas 2016 e 2017.

As linhagens tradicionais e melhoradas avaliadas no experimento de feijão-caupi tipo cores, diferiram para alguns caracteres, exceto para produtividade de grãos, indicando que dentro do agrupamento houve somente um grupo de genótipos que apresentaram comportamento produtivo similar. As cultivares tradicionais testemunha linhagem 13, linhagem 14, apresentaram valores de 1.480 kg ha<sup>-1</sup> e 1.180 kg ha<sup>-1</sup> e comportaram-se de forma semelhante, estaticamente em relação à linhagem 7, que teve o seu valor superior de produção 2.380 kg há<sup>-1</sup>, diferindo apenas das variáveis NDF, STD, VC, ACAM, COMP, P100 (Gráfico 9).



**Gráfico 9** - Produtividade média de grãos em kg/ha das linhagens feijão-caupi tipo cores em Bom Jesus do Itabapoana e Cambuci, nos anos agrícolas 2016 e 2017.

Sendo assim a produção de grãos dessas linhagens apresentaram bons resultados, mas não diferiram estatisticamente entre si, pelo teste (F) proposto. Essa característica igualitária deve estar relacionada ao manejo ao qual foi submetido e também às condições climáticas locais. Futuramente estes ensaios poderão ser novamente utilizados, avaliados e selecionados, em outras épocas para o estado do Rio de Janeiro.

Para se conseguir as altas produtividades e conseqüentemente avaliar as diferenças entre as linhagens é necessário conhecer as condições ambientais favoráveis em relação a todas as fases da planta (crescimento, formação e produção), bem como a eficiência das práticas culturais relacionadas ao desenvolvimento da cultura no campo.

## 6. CONCLUSÃO

A linhagem tipo fradinho L23 destacou-se na produção de grãos pelos altos valores obtidos na variável produtividade por hectare;

As linhagens tipo fradinho L16 e L23 foram as mais precoces, apresentando florescimento aos 40 dias de plantado;

A linhagem tipo cores BRS Imponente se destacou no P100 grãos e a L13 BRS Tumucumaque no comprimento de vagem;

Os genótipos avaliados possuem características qualitativas e quantitativas importantes para serem utilizadas em futuros programas de melhoramento genético.

## 7. TRABALHO

### Análise GYT *BIPLLOT* Para Seleção de Feijão-Caupi para o município de Bom Jesus do Itabapoana

Resumo - No Brasil o feijão-caupi é uma leguminosa muito apreciada, no entanto apresenta baixa produtividade devido as diferentes condições edafoclimáticas às quais é submetido. O objetivo deste trabalho foi selecionar linhagens de feijão-caupi que apresentaram bons desempenhos para as características de rendimento via análise GYT *BIPLLOT*. Foram avaliadas 28 linhagens, nos anos de 2016 e 2017, no município de Bom Jesus do Itabapoana, aplicando o delineamento de blocos casualizados com quatro repetição e quatro cultivares comerciais utilizadas como testemunhas. As variáveis estudadas foram: Número de dias para floração (NDF); estande final de plantas (EF); Valor de cultivo (VC); Acamamento (ACAM); Produtividade de vagens (PV); Comprimento de vagens (CV); Número médio de grãos por vagens (NGV); Peso médio de grãos por vagens (PGV); Peso médio de grãos (PG); Massa de 100 grãos (M100G). A análise de variância mostrou existência de variabilidade genética entre as linhagens, diferença entre os anos de avaliação e desempenho contrastante das linhagens nos diferentes anos. Os gráficos GYT *BIPLLOT* demonstraram que as linhagens de feijão-caupi do tipo fradinho (L9, L7 e BRS Itaim) e do tipo cores (L3, L7, L8, L10 e BRS Imponente) apresentaram bons desempenhos para as características de rendimento. O desempenho diferenciado das

linhagens frente às variáveis estudadas justifica o estudo destas para seleção de materiais superiores e, além disso, gera subsídios para conhecimento das correlações existentes entre os conjuntos de características de rendimento avaliadas.

Palavra Chave: *Vigna unguiculata*. L, interação linhagens x características, análise multivariada.

#### Análise GYT *BIPLLOT* para seleção de Feijão-Caupi para o município de Bom Jesus do Itabapoana

Abstract: In Brazil the cowpea is a leguminosa very appreciated, however it presents low productivity due to the different edaphoclimatic conditions that are submitted. The objective of this work was to select bean cowpea lines that show good performance for yield characteristics via GYT biplot analysis. Twenty - eight lines were evaluated in the years 2016 and 2017 in the city of Bom Jesus do Itabapoana, applying a randomized block design with four replications and four commercial cultivars used as witnesses. The variables studied were: Number of days for flowering (NDF); Plant Stand (EF); Cultivation value (VC); Bedding (ACAM); Pod productivity (PV); Length of pods (CV); Average number of grains per pod (NGV); Average weight of grains per pods (PGV); Average grain weight (PG); 100 grains weight (M100G). The analysis of variance showed the existence of genetic variability among the lineages, difference between the years of evaluation and contrasting performance of the lineages in the different years. The GYT biplot graphs presented the fringinho bean (L9, L7 and BRS Itaim) and color type lines (L3, L7, L8, L10 and BRS Imponente) showing good performance characteristics. The differentiated performance of the strains in relation to the studied variables justifies the study of these for selection of superior materials and, in addition, generates subsidies to know the correlations between the sets of yield characteristics evaluated.

Keyword: *Vigna unguiculata*. L, interactions lineages x characteristics, multivariate analysis.

## 1. INTRODUÇÃO

Diferentes espécies de feijão são cultivadas no Brasil, no entanto apenas o feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.)) e o feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* (L.)) são considerados como feijão (MAPA, 2010; Freire filho, 2011). No que diz respeito ao feijão-caupi, este é uma leguminosa rica em proteína, minerais, aminoácidos, carboidratos, vitaminas e fibras (Bomfim Silva et al., 2018).

De acordo com o IBGE (2017), o Brasil apresenta aproximadamente 3,1 mil hectares de área cultivada com feijão e uma produção média de 1.083 kg ha<sup>-1</sup>, que o coloca na terceira posição de maior produtor mundial. A produtividade deste ainda é considerada baixa, oscilando bastante a depender da região onde é cultivado. Isso ocorre porque a produtividade brasileira não reflete o potencial produtivo do feijão-caupi. Um dos problemas responsáveis pela baixa produtividade é que, apesar dos produtores utilizarem cultivares que apresentam características de interesse para o mercado, o feijão-caupi apresenta desempenho diferenciado frente às distintas condições edafoclimáticas.

Sendo assim, a recomendação de cultivares que apresentem bons desempenhos e alto rendimento para as características que interessam aos consumidores, levando em consideração o manejo ao qual são submetidas, é de grande importância (Santos, 2013).

Segundo Yan e Frégeau-Reid (2018), a análise multivariada GYT *BI PLOT* é a mais indicada para a seleção de genótipos que apresentem, concomitantemente, boa

produtividade e outras características de interesse, uma vez que esta metodologia leva em consideração a média das características de rendimento, ou seja, a média da combinação da produtividade com as demais variáveis.

Além disto, esta análise permite o conhecimento das correlações existentes entre as características avaliadas, permitindo a seleção simultânea destas. O discernimento sobre a associação entre variáveis é de grande importância para o programa de melhoramento, principalmente quando o genótipo apresenta uma característica difícil de ser selecionada (Cruz, 2014).

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Análise multivariada

A estatística multivariada corresponde a um conjunto de métodos e técnicas estatísticas que utilizam, simultaneamente, todas as informações dos caracteres, na interpretação teórica do conjunto de dados obtidos, levando em consideração as correlações existentes entre as mesmas (Hair et al., 2009). Os métodos de análise de dados multivariados permitem um estudo global dos caracteres avaliados, evidenciando as ligações, semelhanças ou diferenças entre elas, com menor perda possível de informação (Hair et al., 2009). Segundo Sartorio (2008), as técnicas de análise multivariada têm sido regularmente aplicadas em várias investigações científicas nas mais diversas áreas de pesquisa, com maior ou menor frequência. A disseminação do uso das técnicas multivariadas pode melhorar a qualidade das pesquisas, proporcionar uma economia relativa de tempo e de custo, e facilitar a interpretação das estruturas dos dados, diminuindo a perda de informação.

A análise multivariada pode ser dividida em dois grupos. O primeiro consiste em técnicas exploratórias de sintetização da estrutura de variabilidade dos dados. Por sua vez, o segundo, consiste em técnicas de inferência estatística. Destacam-se no primeiro grupo, métodos como a análise de componentes principais, análise fatorial, análise de correlações canônicas, análise de agrupamento, análise discriminante e análise de correspondência. No segundo grupo, métodos de estimação de

parâmetros, testes de hipóteses, análise de variância, covariância e regressão multivariada (Mingoti, 2007).

Entre as vantagens do uso de análises multivariadas em estudos estão: melhor retratação do caráter multidimensional e a natureza multivariada dos sistemas; permite combinar as variáveis de maneira otimizada; soluciona diversos problemas de erros de comparações múltiplas; possibilita comparações a posteriori capazes de explorar a significância estatística de várias possíveis explicações na relação entre as variáveis dependentes e independentes (McGarigal et al., 2000).

Nesta análise os caracteres utilizados devem ser aleatórios e interrelacionados para que seus diferentes efeitos sejam interpretados conjuntamente. Deste modo, as metodologias multivariadas classificam os caracteres em dependentes e independentes (Manly, 2008). Em estudos de dependência o caráter identificado como dependente é explicado por outros caracteres, conhecidos como caracteres independentes, utilizando-se métodos multivariados, como análise discriminante, análise conjunta, análise de correlação canônica, análise multivariada de variância e regressão múltipla (Hair et al., 2009). Em contrapartida, estudos de interdependência envolvem uma análise simultânea de todos os caracteres no conjunto, sem definir se o caráter é independente ou dependente. Estes estudos são feitos pela análise de agrupamentos, análise de componentes principais, análises de correspondência e análise fatorial (Hair et al., 2009). Nesse contexto, as técnicas multivariadas podem ser de grande importância no estudo da diversidade genética e na seleção de genótipos superiores nas gerações segregantes por serem capazes de unir informações de um conjunto de diversos caracteres de interesse (Cruz et al., 2014).

A utilização de técnicas multivariadas para estimar a divergência genética tem sido empregada em vários trabalhos e em diversas culturas, tais como: arroz (Benitez et al., 2011); cana-de-açúcar (Dutra Filho, 2011); milho (Coimbra et al., 2010); girassol (Vogt; Balbinot Junior; Souza, 2010); eucalipto (Castro et al., 2013), soja (Peluzio et al., 2009; Santos et al., 2011; Almeida; Peluzio; Afféri, 2011 e Santos et al., 2013), entre outras.

## 2.2 Componentes Principais (ACP)

A análise de componentes principais (ACP) é uma técnica multivariada, que segundo Kendal (1950), é uma técnica de avaliação da interdependência, ou seja,

estuda as relações de um conjunto de variáveis entre si. A principal ideia é reduzir a dimensionalidade dos dados do conjunto, transformando subsequentemente em um novo conjunto de variáveis denominado de componentes principais, preservando ao máximo as informações originais.

A técnica de componentes principais foi originalmente descrita por Karl Pearson, em 1901, em um artigo onde deu ênfase à sua utilização no ajustamento de um subespaço a uma nuvem de pontos (Pearson, 1901). Em outras palavras, o método transforma ortogonalmente um conjunto de variáveis correlacionadas para um conjunto de valores de variáveis linearmente não correlacionadas (componentes principais). Posteriormente, a técnica foi consolidada por Hotelling em 1933 e 1936, com o propósito particular de analisar estruturas de correlações, ou seja, a técnica surgiu da necessidade de se conhecer as estruturas de dependência das variáveis e não encontrar nenhum padrão de causalidade (Morrison, 1976, Mardia et al., 1979; Manly, 1986; Cruz, 1990). Entretanto, o uso da análise só foi difundido após desenvolvimento de computadores eletrônicos e atualmente, devido a grande disponibilidade de recursos de computadores sofisticados e de software aplicados, a técnica tornou-se amplamente disponível e utilizada nas várias áreas da ciência.

A técnica de componentes principais procura explicar a estrutura de variâncias covariâncias através de poucas combinações lineares das variáveis originais, com o objetivo de reduzir dados, colocando-os numa forma mais adequada para análise e como isso é possível evidenciar as tendências e facilitar sua interpretação. Para Dunteman (1999), a análise de componentes principais elimina informações redundantes, destacando os recursos ocultos, provenientes das informações contidas nas bases, e visualiza as principais relações existentes entre as observações vistas. Segundo Liberato (1995), a utilização da análise de componentes principais tem por finalidade proporcionar simplificação estrutural dos dados, de modo que a diversidade, influenciada a princípio por um conjunto  $p$ -dimensional ( $p$  = números de caractere considerados no estudo), possa ser avaliada por um complexo bi ou tridimensional de fácil interpretação geométrica.

Ou ainda, a análise por componentes principais, segundo Cruz (1994), consiste em transformar um conjunto original de variáveis em outro conjunto, de dimensões equivalentes, mas com propriedades importantes de grande interesse em certos estudos. De acordo com Manly (2008), a análise de componentes principais é um dos métodos multivariados mais simples. Uma das ferramentas mais clássicas e

populares para a análise de dados e redução de dimensionalidade, com ampla gama de aplicações bem-sucedidas em toda a ciência e engenharia (Jolliffe, 2002).

Os princípios básicos desta técnica são descritos por vários autores, tais como Morrison, 1976; Mardia et al. (1979); Kendal (1980); Manly (1986); Johnson e Wichern (1988); Cruz e Regazzi (1994); entre outros. Segundo estes autores, cada componente principal é uma combinação linear das variáveis originais, que são independentes entre si e estimadas com o propósito de reter, em ordem de estimação, o máximo da informação, em termos de variação total, contida nos dados originais. Assim, entre todos os componentes principais, o primeiro tem a maior variância, o segundo tem a segunda maior e assim sucessivamente.

O objetivo da análise dos componentes principais é tomar uma variável ( $P$ ) e encontrar combinações destas para produzir índices ( $Z_p$ ), de componentes principais novas com variáveis transformadas, que não sejam correlacionados na ordem de sua importância e que descreva a variação nos dados. As análises de componentes principais é um método de aprendizagem não supervisionada, que visa encontrar a combinação de condições que explicam a maior variação nos dados (Yang et al., 2008). Os melhores resultados são obtidos quando as variáveis originais são altamente correlacionadas, positivamente ou negativamente. Se este é o caso, então é bastante concebível que vinte ou mais variáveis originais possam ser adequadamente representadas por duas ou três componentes principais.

Se este estado desejável de relações de fato ocorre, então os componentes principais importantes serão de algum interesse como medidas das dimensões subjacentes aos dados. Será também de valor saber que há uma boa quantidade de redundância nas variáveis originais, com a maioria delas medindo coisas semelhantes (Manly, 2008). A ideia principal desse procedimento é que poucos dos primeiros componentes principais contenham a maior variabilidade dos dados originais. Assim, pode-se racionalmente descartar os demais componentes, reduzindo o número de variáveis. Para descarte de variáveis, a variável que possui maior coeficiente de pontuação no componente principal de menor autovalor (menor variância) deve ser menos importante para explicar a variância total e, portanto, passível de descarte (Barbosa, 2006).

Assim, segundo Cruz (1990) o uso da técnica de componentes principais pode atender os seguintes propósitos: examinar as correlações entre caracteres estudados; resumir um grande conjunto de caracteres em outro menor e de sentido

biológico; avaliar a importância de cada caractere e promover a eliminação daqueles que contribuem pouco, em termos de variação, no grupo de indivíduos avaliados; construir índices que possibilitem o agrupamento de indivíduos; e permitir o agrupamento de indivíduos com o mais alto grau de similaridade, mediante exames visuais em dispersões gráficas no espaço bidimensional ou tridimensional. Contudo, a grande importância do conhecimento da técnica dos componentes principais, segundo Souza (1990), reside no fato de ela constituir um procedimento básico do qual derivam vários outros métodos de análise de dados multivariados.

### 2.2.1 Análise GYT *BI*PLOT

A seleção de genótipos baseada em múltiplas características é uma questão chave no melhoramento de plantas; e tem sido dependente do estabelecimento de um peso subjetivo para cada traço na seleção de índice e um ponto de truncamento subjetivo para cada traço no descarte independente, e os pesos e pontos de truncamento podem ser altamente subjetivos. No presente trabalho foi proposta uma nova abordagem para seleção de genótipos baseada em múltiplas características, o genótipo por rendimento \* traço (GYT) *BI*PLOT, onde a característica pode ser qualquer outro objetivo de melhoramento que não o rendimento; pode ser uma característica agrônômica, qualidade de grãos, qualidade de processamento, característica de qualidade nutricional, ou resistência a doenças.

A expressão das características morfológicas das plantas cultivadas está ligada ao controle genético, ao ambiente em que são cultivadas e à interação entre esses dois fatores (Yan e Kang, 2003; Mohammad e Amri, 2009). A GYT *BI*PLOT classifica os genótipos com base em seus níveis ao combinar rendimento com outras características-alvo e ao mesmo tempo mostra seus perfis de características, ou seja, seus pontos fortes e fracos. Em comparação com os métodos existentes, essa abordagem é gráfica, objetiva, eficaz e direta. Subjacente à abordagem GYT *BI*PLOT está a mudança de paradigma de que os genótipos devem ser avaliados por seus níveis na combinação de rendimento com outras características em oposição a seus níveis em características individuais.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos em Bom Jesus do Itabapoana, município localizado no Noroeste do Estado do Rio de Janeiro (Latitude 21°08'02"S, longitude 41°40'47"W e altitude 88m), com temperatura média anual de 23° C, solo classificado como latossolo vermelho-amarelo + cambissolo e clima tropical e respectivamente em Cambuci, na Unidade avançada fazenda Santo Antônio, pertencente ao Instituto Federal Fluminense, situada nas coordenadas 21° 34' 31" S de latitude e 41° 54' 40" W de longitude com altitude de 35 metros ao nível do mar, clima predominante quente e úmido no verão e seco no inverno com precipitação anual média de 1200 mm e temperatura média anual de 23° C solo argissolo, segundo a classificação climática revista de Köppen-Geiger (Alvares, 2013).

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com quatro repetições. Cada parcela experimental foi composta por quatro linhas de 3,0 m, tendo como área útil às duas fileiras centrais. O espaçamento utilizado foi de 0,50 m entre fileiras e 0,10 m entre plantas, totalizando 10 plantas por metro linear, atingindo desta forma, uma população de 50 mil plantas por hectare.

Nas safras dos anos agrícola 2016 e 2017, foram avaliadas 28 linhagens de feijão-caupi, sendo 14 do tipo fradinho, 14 do tipo cores e dentre elas quatro cultivares comerciais utilizadas como testemunhas (BRS Itaim, CB-27, BRS Tumucumaque e BRS Imponente) conforme a (Tabela 1).

**Tabela 1** - Descrição das linhagens de feijão-caupi tipo fradinho e cores a serem selecionadas em Bom Jesus do Itabapoana - RJ, nos anos agrícolas 2016 e 2017

<b>Nº</b>	<b>Linhagem de feijão-caupi tipo fradinho</b>	<b>Linhagem de feijão-caupi tipo cores</b>
L1	MNC06-895-1	L1 Bico-de-ouro 1-5-11
L2	MNC06-895-2	L2 Bico-de-ouro 1-5-15
L3	MNC06-901-14	L3 Bico-de-ouro 1-5-19
L4	MNC06-907-29	L4 Bico-de-ouro 1-5-24
L5	MNC06-907-30	L5 Pingo-de-ouro 1-5-26
L6	MNC06-907-35	L6 Pingo-de-ouro 1-5-4
L7	MNC06-908-39	L7 Pingo-de-ouro 1-5-5
L8	MNC06-909-52	L8 Pingo-de-ouro 1-5-7
L9	MNC06-909-54	L9 Pingo-de-ouro 1-5-8
L10	MNC06-909-55	L10 Pingo-de-ouro 1-5-10
L11	MNC06-909-68	L11 Pingo-de-ouro 1-5-11
L12	MNC06-909-76	L12 Pingo-de-ouro 1-5-14
L13	BRS Itaim	L13 BRS Tumucumaque
L14	CB-27	L14 BRS Imponente

### 3.1 Características avaliadas

As características avaliadas foram: número de dias para floração (NDF) contagem do total de dias do plantio ao florescimento; valor de cultivo (VC) avaliado no início da maturidade das vagens e baseado no aspecto geral da planta, características de vagens e de grãos e no aspecto fitossanitário; estande final de plantas (EF) quantidade de plantas existente nas parcelas depois de realizado o desbaste, acamamento (ACAM) contagem do número de plantas acamadas segundo a escala de nota da Embrapa por parcela; produtividade de vagens (PV) quantificação do peso total em gramas (g) das vagens de cada planta obtido por meio de balança de precisão; comprimento de vagem (CV) média de cinco vagens escolhidas ao acaso dentro da parcela, número de grãos por vagem (NGV) determinada a partir da contagem do número médio de grãos por vagem; peso de grãos por vagem (PGV) peso total em gramas (g) de grãos/vagem aferido com balança de precisão; peso de grãos (PG) quantificação do peso total em gramas (g) dos grãos de cada planta após a debulha das vagens, por meio de balança de precisão; e massa de 100 grãos

(M100G) pesagem de 100 sementes em gramas (g), de uma amostra escolhida aleatoriamente, em balança de precisão devidamente regulada.

### 3.2 Análises estatísticas

Inicialmente foi realizada uma análise de variância considerando os efeitos de linhagens e anos. Em seguida, foi efetuada a análise multivariada GYT *BIPLLOT*, de acordo com a metodologia proposta por Yan e Frégeau-Reid (2018), utilizando as médias das combinações entre as variáveis e o rendimento, de forma que, a variável cujo objetivo é obter altos valores, multiplicou-se a média de rendimento pela média desta (PG\*PV) e a variável que se deseja obter menores valores, dividiu-se as médias (GY/NDF). A partir destes valores, aplicou-se a análise de componentes principais (PCs) para o estudo das médias dos conjuntos das variáveis de rendimento.

Os gráficos biplots foram construídos com base nos dois primeiros componentes principais, desta forma, o componente principal 1 (PC1) foi utilizado no eixo horizontal e o componente principal 2 (PC2) no eixo vertical, por meio da Decomposição em Valores Singulares (DVS), conforme equação proposta por Yan e Frégeau-Reid (2018):

$$P_{ij} = (d\lambda_1^\alpha \xi_{i1}) \left( \frac{\lambda_1^{1-\alpha} \tau_{1j}}{d} \right) + (d\lambda_2^\alpha \xi_{i2}) \left( \frac{\lambda_2^{1-\alpha} \tau_{2j}}{d} \right) + \varepsilon_{ij} \quad \text{eq (1)}$$

Em que  $\lambda_1$  e  $\lambda_2$  são os valores singulares para o primeiro e segundo componentes principais, respectivamente;  $\alpha$  é o fator singular de particionamento de valor;  $\xi_{i1}$  e  $\xi_{i2}$  são os autovalores do primeiro e segundo componentes principais, respectivamente, para o genótipo  $i$ ;  $\tau_{1j}$  e  $\tau_{2j}$  são os autovalores para primeiro e segundo componentes principais, respectivamente, para a combinação de característica de rendimento  $j$ ; e  $\varepsilon_{ij}$  é o resíduo do primeiro e segundo componentes principais para o genótipo  $i$  na combinação de característica de rendimento  $j$ .

A análise de variância e os gráficos GYT biplots foram realizadas por meio do software R (R Development Core Team, 2014) e com o auxílio do pacote ggplot2 (Wickham, 2009).

#### 4. RESULTADO E DISCUSSÃO

O resultado significativo existente entre anos indicou diferenças climáticas entre os anos em estudo (Tabelas 2 e 3). Já as significâncias presentes entre as linhagens e a interação linhagens x anos apontaram a presença de variância genotípica e desempenho diferenciado das linhagens frente aos diferentes anos de avaliação, respectivamente. O desempenho diferenciado das linhagens frente às variáveis estudadas justifica o estudo destas para seleção de materiais superiores e, além disso, gera subsídios para conhecimento das correlações existentes entre os conjuntos de características de rendimento avaliadas.

**Tabela 2** - Tabela de análise de variância Graus de liberdade e quadrado médio das variáveis avaliadas no estudo do feijão-caupi tipo fradinho, em Bom Jesus do Itabapoana, nos anos agrícolas 2016 e 2017

FV	GL	Quadrado médio									
		NDF	EF	VC	ACAM	PV	CV	NGV	PGV	M100G	PG
Bloco (ano)	6	57.81	54.54	1.52	0.18	10.13	4.34	2.78	10.52	29.69	46.13
Ano	1	1056.57**	12118.08**	0.14	1.51*	872.49**	20.89**	243.67**	464.12**	96.01*	1867.64**
Linhagens (L)	13	250.67**	108.22*	1.94**	0.63	17.61**	21.02**	11.76**	11.71**	33.49*	24.33*
(L) x (ano)	13	257.76**	46.00	1.70**	0.49	10.36*	20.41**	6.16*	7.62	59.42**	21.02
Resíduo	78	29.91	52.85	0.53	0.37	4.93	3.46	3.04	4.23	15.93	12.70

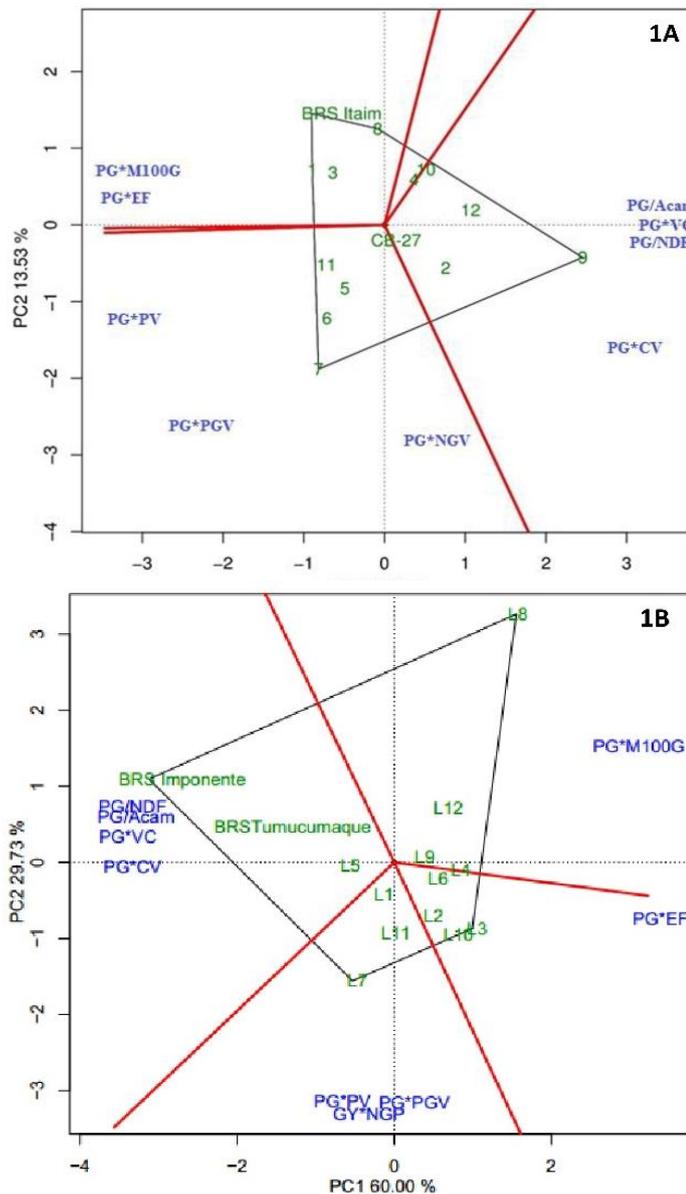
Não significativo (ns), significativo a 5% (\*), significativo a 1% (\*\*) de probabilidade pelo teste T respectivamente.

**Tabela 3** - Tabela de análise de variância Graus de liberdade e quadrado médio das variáveis avaliadas no estudo do feijão-caupi tipo cores, em Bom Jesus do Itabapoana, nos anos agrícolas 2016 e 2017

FV	GL	Quadrado médio									
		NDF	EF	VC	ACAM	PV	CV	NGV	PGV	M100G	PG
Bloco(ano)	6	67.51	17.54	0.48	1.10	1.72	1.80	12.51	26.69	615.95	1.38
Ano	1	6.79	13622.70**	1.26	0.67	4.90*	300.87**	233.49**	47.69**	733.67	0.66*
Linhagens (L)	13	116.79**	147.77**	0.88	0.65	1.73	4.46	17.21**	16.94**	672.70	0.54**
(L) x (ano)	13	123.75**	60.56	0.72	0.57	1.25	2.82	4.99	9.48*	975.82	0.20
Resíduo	77	41.44	57.45	0.59	0.96	1.07	3.74	3.51	4.61	830.66	0.16

Não significativo (ns), significativo a 5% (\*), significativo a 1% (\*\*) de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

A análise GYT *BIPLLOT*, que representa o desempenho médio das linhagens de feijão-caupi, explicou 88,43% e 89,73% da variação total existente do conjunto de características de rendimento de feijão-caupi do tipo fradinho e cores, respectivamente (Figura 1A e 1B). Este resultado possibilita uma seleção segura e eficiente das linhagens pela análise *biplot* (Yan, 2001).



**Figura 1** - GYT Biplot representando “which-won-where” A) 14 linhagens de feijão-caupi do tipo fradinho e B) 14 linhagens do tipo cores. Sendo a combinação de rendimento (PG) com NDF: número de dias para o início da floração; EF: stand final de plantas; VC: valor de cultivo; ACAM: acamamento; PV: produtividade de vagens; CV: comprimento de vagens; NGV: número médio de grãos por vagens; PGV: peso médio de grãos por vagens; PG: peso de grãos; M100G: massa de 100 grãos.

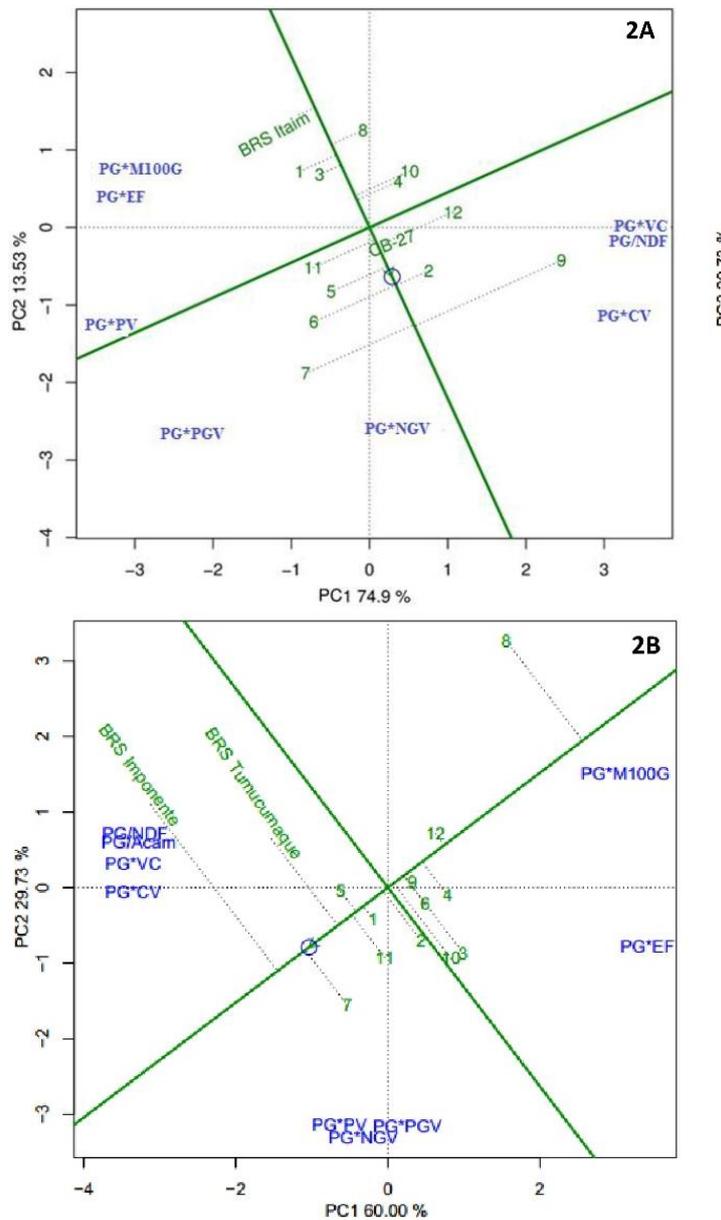
O gráfico GYT *BIPLLOT* apresenta linhas perpendiculares que o divide em grupos com seus respectivos vértices, que são considerados os pontos mais

distantes da origem. As linhagens que se apresentam nos vértices são consideradas de melhor desempenho para o conjunto de variáveis de rendimento contidas em cada grupo e aqueles presentes no interior do polígono, estando mais longe da origem, são consideradas menos responsivas (Yan e Frégeau-Reid, 2018; Yan, 2001). Ainda neste contexto, o conjunto de variáveis de rendimento alocadas no mesmo grupo são conceituadas como semelhantes, no que diz respeito ao comportamento destas frente a influência do ambiente, desta forma é possível selecionar aquela que melhor representa o grupo.

Diante disso, pode-se observar a formação de quatro grupos para as linhagens de feijão-caupi do tipo fradinho (Figura 1A). O primeiro formado pelas combinações PG/Acam, PG\*VC, PG/NDF e PG\*CV, apresentou a linhagem L9 como de melhor desempenho para a combinação de rendimento com acamamento, valor de cultivo e número de dias para floração. O segundo grupo apresentou a linhagem L7 como de melhor desempenho para as combinações PG\*NGV, PG\*PGV e PG\*PV e o terceiro grupo destacou a cultivar BRS Itaim com o melhor desempenho para as combinações PG\*EF e PG\*M100G. O quarto grupo alocou as linhagens L4 e L10, no entanto, não apresentou destaque para nenhuma combinação de variável estudada, sendo assim essas linhagens não se destacaram para nenhum dos conjuntos de características de rendimento.

Para o feijão do tipo cores, também foram formados quatro grupos, o desempenho da semente formou o primeiro grupo, representado pela combinação PG\*M100G. O estande formou o segundo grupo pela combinação PG\*EF (Figura 1B). O terceiro grupo agrupou as características relacionadas ao desempenho de vagem, PG\*PV, PG\*NGV e PG\*PGV. No que diz respeito ao quarto grupo, com maior número de combinações, alocou as características fenológicas da planta (PG/NDF, PG/Acam, PG\*VC ) e comprimento de vagem (PG\*CV).

A linhagem L8 se apresentou no vértice do primeiro grupo, o que significa que esta foi a melhor na combinação de produtividade de grãos com peso de cem grãos. O melhor desempenho para o segundo grupo, foram obtidos pelas linhagens L2 e L10. No que concerne ao grupo de combinações alusivos ao grupo três, estes apresentaram como destaque a linhagem L7 como de melhor performance. No tocante ao grupo quatro, a cultivar BRS Imponente se mostrou superior para as combinações de produtividade de grãos com número de dias para o início da floração, acamamento, valor de cultivo e comprimento de vagem.



**Figura 2** - GYT Biplot representando a média x característica, indicando o *ranking* A) 14 linhagens de feijão-caupi do tipo fradinho e B) 14 linhagens do tipo cores. Sendo a combinação de rendimento (PG) com NDF: número de dias para o início da floração; EF: stand final de plantas; VC: valor de cultivo; ACAM: acamamento; PV: produtividade de vagens; CV: comprimento de vagens; NGV: número médio de grãos por vagens; PGV: peso médio de grãos por vagens; PG: peso de grãos; M100G: massa de cem grãos.

O desempenho médio das linhagens, em relação às combinações de características de rendimento e suas discriminâncias, foram avaliados com base no particionamento do valor singular focado no genótipo (ATC), onde a seta dentro do círculo, presente no eixo de teste médio (ATA), aponta para o maior

valor médio das linhagens em todas as combinações de características de rendimento (Yan, 2018) (Figura 2A e 2B).

A linha perpendicular a ATA, separa as linhagens de melhor desempenho (alocadas a direita) e as de piores desempenho (alocadas a esquerda). No que diz respeito as projeções formadas entre as linhagens e a ATA, quanto menor o comprimento mais balanceadas são as combinações de características, no entanto, longas projeções indicam linhagens que apresentam melhores ou piores desempenhos para determinadas combinações.

Por conseguinte, as linhagens de feijão do tipo fradinho L9, L7, L2 e L6, nessa ordem, ostentaram desempenhos acima da média geral, para o conjunto de características de rendimento, sendo superiores as cultivares comerciais (Figura 2A). As linhagens L5, L11, L12 e a cultivar BRS Itaim se apresentaram dentro da média geral e as L1, L3, L4, L8, L10 e a cultivar CB-27 exibiram piores desempenhos.

Levando em consideração a discriminância, as linhagens L2 e a cultivar BRS Itaim além de bons desempenhos exibiram estabilidade no conjunto de combinações de características de rendimento. As linhagens L9 e L12 apresentaram maiores projeções em direção a combinação de rendimento com valor de cultivo, acamamento e número de dias para floração. Da mesma forma, as linhagens L7 e L6 apresentaram melhores níveis para as combinações de rendimento com número de grãos por vagem e peso médio de grãos por vagem.

Já para o feijão tipo cores, as linhagens BRS Imponente e L7, apresentaram desempenho acima da média geral e as linhagens L1, L2, L11 e a cultivar comercial BRS Tumucumaque foram classificadas como dentro da média geral (Figura 2B). Ao contrário, as linhagens L3, L4, L6, L8, L9, L10 e L12 apresentaram médias abaixo da média geral, apesar de algumas destas se destacaram para algumas combinações de características, como, peso de cem grãos e estande.

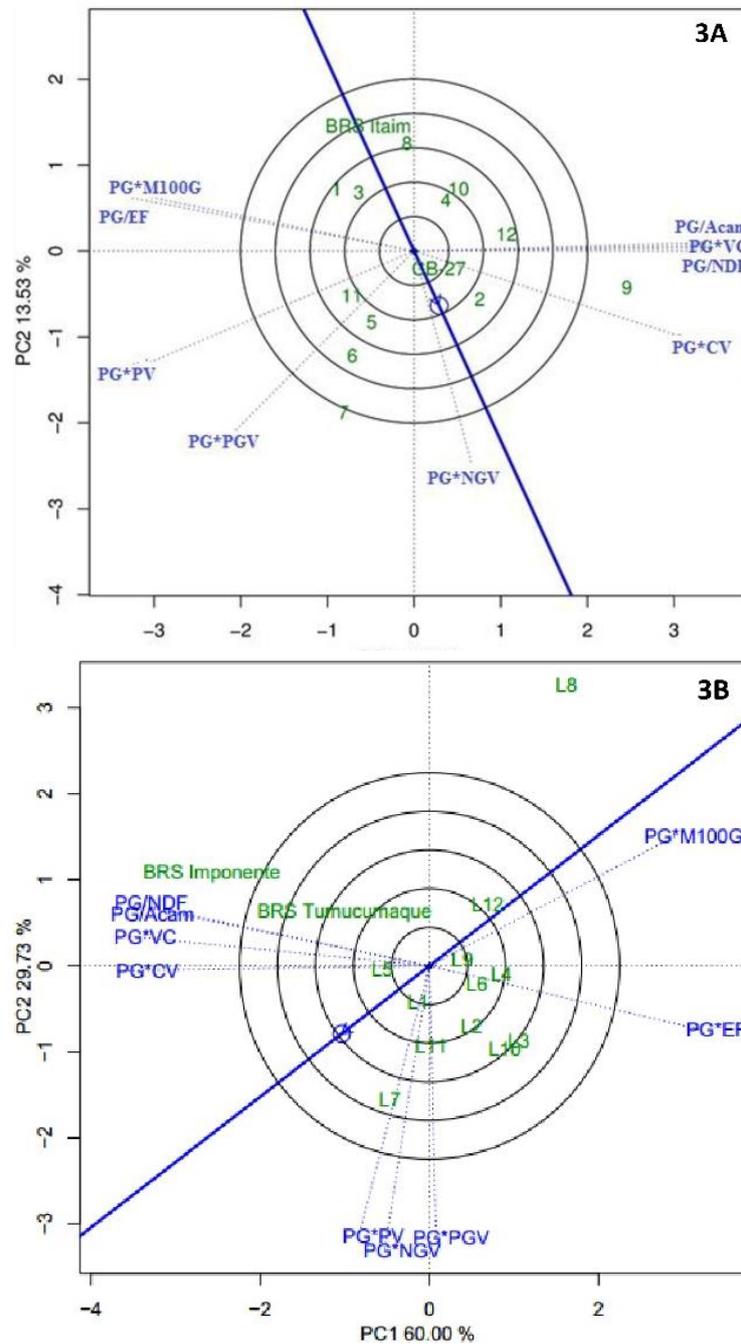
No que diz respeito ao perfil, as linhagens que apresentaram boas médias e que mostraram balanceadas para o conjunto de combinações de características de rendimento foram a L5 e L1. As linhagens L2, L7 e L11 se mostraram discriminantes para os conjuntos de características referente ao grupo três e as cultivares BRS Imponente e BRS Tumucumaque para as características referentes ao grupo quatro.

Vale ressaltar que algumas linhagens se destacaram, em relação as cultivares comerciais, e que aquelas que apresentaram melhores desempenhos para determinados conjuntos de características de rendimento, podem ser utilizadas como genitores em novos programas de melhoramento que visem a obtenção de ganhos genéticos para as características em questão. Melhores desempenhos de linhagens de feijão, obtidas por meio de cruzamentos entre genitores superiores, foram encontradas por Oliveira et al. (2018).

Uma das etapas de grande importância para o programa de melhoramento vegetal, é a identificação de variáveis que apresentam efeitos diretos e favoráveis à seleção de uma característica alvo, pois possibilita a obtenção de genótipos superiores. Sendo assim, estudar a correlação existente entre as variáveis permite saber o quanto uma característica será influenciada pelas demais, em decorrência da seleção (Paramesh, 2016).

Por conseguinte, nas figuras 3A e 3B, é possível constatar as correlações entre os conjuntos de características de rendimento, de acordo com o ângulo formado entre os vetores de dois conjuntos de características de rendimento. Desta forma, a correlação positiva é representada por vetores que formam ângulo agudo ( $<90^\circ$ ), sem correlação formam ângulo reto ( $=90^\circ$ ), a correlação negativa é revelada por ângulo obtuso ( $>90^\circ$ ) e o ângulo de  $180^\circ$  representa uma forte correlação negativa.

Isto posto, a característica PG\*VC, de feijão do tipo fradinho, apresentou alta correlação positiva com as combinações de rendimento com acamamento e número de dias para floração. De forma consonante Andrade et al. (2010) concluíram que o valor de cultivo apresenta correlação positiva com acamamento.



**Figura 3** - GYT Biplot discriminando A) 14 linhagens de feijão-caupi do tipo fradinho e B) 14 linhagens do tipo cores. Sendo a combinação de rendimento (PG) com NDF: número de dias para o início da floração; EF: estande final de plantas; VC: valor de cultivo; ACAM: acamamento; PV: produtividade de vagens; CV: comprimento de vagens; NGV: número médio de grãos por vagens; PGV: peso médio de grãos por vagens; PG: peso de grãos; M100G: massa de cem grãos.

A correlação positiva existentes entre as combinações PG\*M100G com PG\*EF é explicada porque os feijoeiros apresentam plasticidade fenotípica, ou

seja, exibem a capacidade de ocupar espaços vazios, onde o número de plantas é menor que o recomendado, tornando assim os grãos mais pesados (Daiane Barili, 2011).

As combinações PG\*PV e PG\*PGV também apresentaram correlações positivas com PG\*M100G, indicando que esta também tem influência direta nos ganhos das combinações de rendimento com produtividade de vagem e peso médio de grãos por vagem. Estes resultados corroboram com os encontrados por Andrade et al. (2010) e Correa et al. (2015).

O conjunto de combinações de feijão do tipo cores, referentes à fenologia da planta e comprimento de vagem apresentaram alta correlação positiva com o conjunto de características de desempenho de vagem, indicando que linhagens com melhores desempenhos para as combinações de rendimento com número de dias para o início da floração, acamamento, valor de cultivo e comprimento de vagens tendem a ter boa performance para a combinação de rendimento com produtividade de vagens, número de grãos por vagem e peso de grãos por vagem.

De forma contrária, PG\*M100G e PG\*EF apresentou alta correlação negativa com os demais conjuntos de combinações, indicando que linhagens que apresentam melhores médias para a combinação de rendimento com peso de cem sementes e estande, tendem a apresentar piores desempenho de vagem e fenologia de planta.

Machado et al. (2008) citam que a correlação positiva existente entre número de dias para o início da floração e o peso de grãos, dificultam na seleção de linhagens precoces e de alto rendimento. No entanto a GYT *BIPLOT* permitiu selecionar linhagem que apresente essas duas características em conjunto, como a cultivar BRS Imponente. Da mesma forma, foram encontradas linhagens com boa combinação de rendimento de grãos com número de grãos por vagem e peso de cem sementes, o que não foi possível constatar em trabalhos feitos com feijão-vagem (Oliveira et al., 2018) e feijão-de-fava, respectivamente (Gasim et al., 2015).

A obtenção de linhagens que apresentem alto rendimento ligado às variáveis número de dias para floração e peso de cem grãos, é uma das dificuldades dos trabalhos de melhoramento genético de feijão (Cabral et al., 2011; da Silva; Neves, 2011). Utilizando a metodologia GYT *BIPLOT*, este

problema é facilmente solucionado, permitindo a seleção de linhagens que apresentem bons desempenhos para duas características correlacionadas negativamente.

## 5. CONCLUSÃO

O GYT *BILOT* é uma análise de fácil interpretação que permite a seleção simultânea de duas características de interesse.

As linhagens de feijão-caupi do tipo fradinho L9, L7 e BRS Itaim e do tipo cores L3, L7, L8, L10 e BRS Imponente apresentaram bons desempenhos para as características de rendimento.

A combinação entre rendimento com peso de cem grãos e estande não devem ser utilizadas quando se deseja selecionar linhagens com boas performances para os conjuntos de características de rendimento com acamamento, comprimento de vagem e número de dias para floração.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ali, Y.; Aslam, Z.; Hussain, F.; Shakur, A. (2004) Genotype and environmental interaction in cowpea (*Vigna Unguiculata* L.) for yield and disease resistance. *International Journal of Environmental Science & Technology*, Faisalabad, v. 1, n.2 p.119- 123.

Allard, R. W. (1971) Princípios do melhoramento genético de plantas. São Paulo: *Edgard Blucher*, 381 p.

Allard, R. W.; Bradshaw, A. D. (1964) Implications of genotype environmental interactions in applied plant breeding. *Crop Science*, 4: 503-508.

Almeida, R. D.; Peluzio, J. M.; Afférri, F. S. (2011) Divergência genética entre cultivares de soja, sob condições de várzea irrigada, no sul do Estado Tocantins. *Revista Ciência Agronômica*, v.42, n.01, p.108-115.

Alvares, C. A.; Stape, J. L.; Sentelhas, P. C.; de Moraes, G.; Leonardo, J.; Sparovek, G. (2013) Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728.

Alves, J. M. A., Araújo, N. P. de, Uchôa, S. C. P., Albuquerque, J. De A. A. de, Silva, A. J. da, Rodrigues, G. S., Silva, O. D. C. (2009) Avaliação agro econômica de cultivares de feijão-caupi em consórcio com cultivares de mandioca em Roraima. *Revista Agro@ambiente On-line*, 3 (1): 15- 30.

Andrade, F. N.; Rocha, M. D. M.; Gomes, R. L. F.; Freire Filho, F. R.; Ramos, S. R. R. (2010) Estimativas de parâmetros genéticos em genótipos de feijão-caupi avaliados para feijão fresco. Embrapa Meio-Norte-Artigo em periódico indexado (*ALICE*).

Andrade, F. N.; Rocha, M. de M.; Gomes, R. L. F.; Freire Filho, F. R.; V. Q. Ribeiro; Ramos, S. R. R. (2006) Avaliação de genótipos de feijão-caupi de vagem roxa e grãos brancos para feijão-verde. In: CONAC - CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 1 e REUNIÃO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI 4. Teresina.

Araújo, G. A. de A.; Ferreira, A. C. de B. (2006) Manejo do Solo e Plantio. In: Vieira, C.; Paula Júnior, T.J. de; Borém, A. (Ed.). Feijão. 2.ed. Viçosa: UFV, p.87-114.

Asiwe, J. A. N.; Ajeigbe, H. (2010) Field evaluation of IITA improved cowpea (*Vigna unguiculata* L.) lines for yield potential and stability in different environments and locations. In: *World cowpea research conference*, 5, Senegal, p.67-68.

Azevedo, H. J. (2002) Uma análise da cadeia produtiva da cana-de-açúcar na Região Norte Fluminense. Observatório Socioeconômico da Região Norte Fluminense. *Boletim Técnico*, Campos dos Goytacazes, RJ, n. 6, 51 p.

Barbosa, L.; Lopes, P. S.; Regazzi, A. J.; Guimarães, S. E. F.; Torres, R. de A. (2006) Avaliação de características de qualidade da carne de suínos por meio de componentes principais. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v. 35, n. 4, p. 1639-1645.

Barraclough, G. (1995) (Ed.). Atlas da história do mundo da Folha de São Paulo/Times. 4. ed. rev. São Paulo: *Folha da Manhã*, p. 154-157.

Banzatto, D. A. (1994) Comparação de métodos de avaliação da adaptabilidade e estabilidade de cultivares de batata. Jaboticabal: *FCAV*, 170 p.

Becker, H. C. (1981) Correlations among some statistical measures of phenotypic stability. *Euphytica*, 30:835-840.

Benitez, L. C.; Rodrigues, I. C. S.; Arge, W. P.; Ribeiro, M. V.; Braga, E. J. B. (2011) Análise multivariada da divergência genética de genótipos de arroz sob estresse salino durante a fase vegetativa. *Revista Ciência Agronômica*. v.42, n.02, p.409-416.

Bevilaqua, G. A. et al. (2007) Manejo de sistemas de produção de sementes e forragem de feijão-miúdo para a agricultura familiar. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 23 p. (*Embrapa Clima Temperado*. Documentos, 204).

Bezerra, A. P. A. et al. (2007) Rendimento, componentes da produção e uso eficiente da terra nos consórcios sorgo x feijão-de-corda e sorgo x milho. *Revista Ciência Agronômica*, 38 (01): 104 - 108.

Bezerra, A. A. de C. (1997) *Variabilidade e diversidade genética em caupi (Vigna unguiculata (L.) Walp.) precoce, de crescimento determinado e porte ereto e semiereto*. 105f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Curso de Pós-graduação em Botânica, Universidade Federal Rural de Pernambuco.

Bezerra, A. A. C. (2005) *Efeitos de arranjos populacionais na morfologia e produtividade de feijão-Vigna de crescimento determinado e porte ereto*. 123p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

Brim, C. A., Johnson, H. W., Cockerham, C. C. (1959) Multiple selectia criteria in soybean. *Agronomy Journal*. 51: 42-46.

Bomfim-Silva, E. M.; Soares, D. C.; Silva, P. C. L.; Damasceno, A. P. A.; Da Silva, T. J. A.; Souza, H. H. F. (2018) Initial development of cowpea bean fertilized with natural phosphate in the brazilian cerrado soil. *American Journal of Plant Science*, v. 9, n. 07, 1381-1390.

BRASIL. - MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 12 de 28 mar. 2008. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 31 mar. 2008. Seção 1, p. 11-14.

BRASIL. - MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e Cooperativismo. Serviço Nacional de

Proteção de Cultivares. Ato nº 4, de 19 de agosto de 2010. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 20 ago. 2010. Seção 1, p. 6-7.

Cabral, P. D. S.; Soares, T. C. B.; Lima, A. B. P.; Soares, Y. J. B.; De Silva, J. A. (2011) 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.

Carbonell, S. A. M.; Limonta, C.; Pereira, V. R. (2003) Qualidade tecnológica de grãos de genótipos de feijoeiro cultivados em diferentes ambientes. *Bragantia*, Campinas, v. 62, n. 3, p. 369-379.

Carbonell, S. A. M.; Pompeu, A. S. (2000) Estabilidade fenotípica de linhagens de feijoeiro em três épocas de plantio no estado de São Paulo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 35, n. 2, p. 321-329, fev.

Cardoso, M. J.; Melo, F. B.; Andrade Júnior, A. S. (1997) Densidade de plantas de caupi em regime irrigado. *Pesq. Agropec. Bras.*, v. 32, n. 7. p. 399-405.

Cardoso, M. J.; Ribeiro, V. Q. (2006) Desempenho agrônômico do feijão-caupi, cv. Rouxinol, em função do espaçamento entre linhas e densidade de plantas sob-regime de sequeiro. *Revista Ciência Agronômica*, v. 37, n. 1, p. 102-105.

Cardoso, M. J.; Melo, F. B.; Lima, M. G. (2005) Ecofisiologia e manejo de plantio. In: Freire Filho, F. R.; Lima, J. A. A.; Ribeiro, V. Q. (Ed.). Feijão-Vigna: avanços tecnológicos. Brasília: *Embrapa Informação Tecnologia*, p.212-228.

Carbonell, S. A. M.; Chiorato, A. F.; Resende, M. D. V. De; Dias, L. A. Dos S.; Beraldo, A. L. A.; Perina, E. F. (2007) Estabilidade de cultivares e linhagens de feijoeiro em diferentes ambientes no Estado de São Paulo. *Bragantia*, Campinas, v. 66, n. 2, p. 193-201.

Castelletti, C. H. M.; Costa, A. F. (2013) Feijão-caupi: alternativa sustentável para os sistemas produtivos. *Pesquisa Agropecuária Pernambucana*, Recife, v. 18, n. 1, p. 1-2.

Castro, A. F. N. M.; Castro, R. V. O.; Carneiro, A. C. O.; Lima, J. E.; Santos, R. C.; Alves, I. C. N. (2013) Análise multivariada para seleção de clones de eucalipto

destinados à produção de carvão vegetal. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.48, n.6, p.627-635.

Casquero, P. A. et al. (2006) Performance of common bean ( *Phaseolus vulgaris* L.) landraces from Spain in the Atlantic and Mediterranean environments. *Genetic Resources and Crop Evolution* , v. 53, n. 05, p. 1021-1032.

CEASA - Centrais de Abastecimento do Estado do Rio de Janeiro (2006) Disponível em: [www.ceasa.rj.gov.br/ceasa/consultas/consultas.htm](http://www.ceasa.rj.gov.br/ceasa/consultas/consultas.htm) - Acesso em ago. 2010.

Coimbra, J. L. M.; Carvalho, F. I. F. (1998) Divergência genética em feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) com grão tipo carioca. *Revista Brasileira de Agrociência*, Pelotas, v. 4, n. 3, p. 211-217, set-dez.

Coimbra, R. R.; Miranda, G. V.; Cruz, C. D.; Eckert, F. R. (2010) Caracterização e divergência genética de populações de milho resgatadas do Sudeste de Minas Gerais. *Revista Ciência Agrônômica*, v.41, n.01, p.159-166.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. Acompanhamento da safra brasileira de grãos. V.4, n.6, p.15-16, Março 2017.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. Acompanhamento da safra brasileira de grãos. V. 5 - SAFRA 2017/18 - N. 4 - Quarto levantamento JANEIRO 2018.

Comstock, R. E.; Moll, R. H. (1963) Genotype x environment interactions. *Statistical and plant breeding*. National Academy of Sciences, 82(2): 164-96.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB - 2016 Acompanhamento da safra brasileira: grãos: safra 2015/2016:Sextolevantamento,março2016.[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16\\_03\\_11\\_15\\_20\\_36\\_bol\\_etim\\_graos\\_marco\\_2016.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_03_11_15_20_36_bol_etim_graos_marco_2016.pdf) em 26 /4/2016.

CONAC - Congresso Nacional de Feijão-Caupi, 3. (2012) Belém, PA: <http://www.conac2012.org/congresso.html> em: 05/09/2013 página mantida pela CONAC.

Correa, A. M.; Ceccon, G.; De Albuquerque Correa, C. M.; Delben, D. S. (2015) Estimativas de parâmetros genéticos e correlações entre caracteres fenológicos e morfoagronômicos em feijão-caupi. *Ceres*, v. 59, n. 1.

Costa, J. C. G.; Zimmermann, M. J. O. (1988). Melhoramento genético. In: Zimmermann, M. J. O.; Rocha, M.; Yamada, T. A cultura do feijoeiro: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: *Potafós*, 229 - 245.

Cruz, C. D. (2014) Programa Genes – Estatística Experimental e Matrizes. Viçosa: *UFV*.

Cruz, C. D.; Carneiro, P. C. S. (2003) Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. Viçosa: *UFV*, 579p.

Cruz, C. D.; Carneiro, P. C. S. (2014) Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. Viçosa, *UFV*, 668 p.

Cruz, C. D.; A. J. Carneiro, P. C. S. (2004) Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. 3.ed, viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 480 p.

Cruz, C. D. e Regazzi, A. J. (1994) Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. Viçosa, *UFV*, 394 p.

Cruz, C. D.; Regazzi, A. J. (2001) Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. Viçosa, *UFV*, 390 p.

Cruz, C. D. (1990) *Aplicação de algumas técnicas multivariadas no melhoramento de plantas*. Piracicaba, ESALQ/USP, 188 p. (Tese D.S.)

Cruz, C. D. (2013) Programa Genes – Estatística Experimental e Matrizes. Lst ed. Viçosa: *UFV*.

Chaves, L. J. (2001) Interação de genótipos com ambientes. In.: Nass, L.L.; Valois, A. C. C.; Melo, I. S.; Valadares-Ingliš, M. C. (eds.) Recursos genéticos e melhoramento - Planta. Rondonópolis: *Fundação MT*, p. 673 713.

Da Silva, J. A. L.; Neves, J. A. (2011) 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.

Daiane Barili, L.; Martins Do Vale, N.; Pinho Moraes, P. P.; Neres Da Cruz Baldissera, J.; Boff De Almeida, C.; Da Rocha, F.; Valentini, G.; Garcia Bertoldo, J.; Meirelles Coimbra, J. L.; Frederico Guidolin, A. (2011) Correlação fenotípica entre componentes do rendimento de grãos de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.). *Semina: Ciências Agrárias*, v. 32, n. 4.

Daniel, I. (2013) Árabes importam mais feijão do Brasil. ANBA: Agência de notícias Brasil / Árabe. Disponível em: Acesso em: 10 mar. 2014.

Davis, D. W. et al. (1991) Field Crops Manual: Cowpea - *New Crops Resource OnlineProgram*. Disponível em: <<http://www.hort.purdue.edu/NEWCROP/AFCM/cowpea.html>>. Acesso em: 15 nov. 2013.

Dunteman, G. H. (1999) Principal components analysis. Sage University paper series on quantitative applications in the social sciences, *Newbury Park*, CA, USA.

Dutra Filho, J. A.; Melo, L. J. O.; Resende, L. V.; Anunciação Filho, C. J.; Bastos, G. Q. (2011) Aplicação de técnicas multivariadas no estudo da divergência genética em cana-de-açúcar. *Revista Ciência Agronômica*, v.42, n.01, p.185- 192.

Eberhart, S. A.; Russel, W. A. (1966) Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science*, v.6, n.1, p.3640.

Egbe, O. M.; Alibo, S. E.; Nwueze, I. (2010) Evaluation of some extra-early and earlymaturing cowpea varieties for intercropping with maize in southern Guinea Savanna of Nigeria. *Agriculture and Biology Journal of North America*. v.1, p. 845-858.

Elias, H. T.; Backes, R. L.; Vogt, G. A.; Pacassa, L. F.; Valentini, G. (2008) Potencial e divergência genética em populações avançadas de feijão. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, Lages, v. 7, n. 1, p. 9-15, jan./jun.

EMBRAPA Arroz e Feijão. Home Page (2014) Disponível em: Acesso em: 01/02/2015.

Falconer, D. S.; Mackay, T. F. C. (1996) Introduction to quantitative genetics. 4ed. Edinburgh: *Logman Group Limited*, 464p.

FAOESTAT. Home Page (2015). Disponível em: <  
<http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>>. Acesso em: 20/04/2015.

Farias, F. J. C. (2005) *Índice de seleção de cultivares de algodoeiro herbáceo*. Tese (Doutorado em genética e melhoramento de plantas) – Piracicaba – SP, Escola Superior de Agricultura Luiz de Querioz – USP, 121p.

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

Fehr, W. R. (1987) Principle of cultivar development. New York: *Macmillan*, 525p.

Filgueira, FAR. (2008). Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Novo manual de olericultura. 3. Ed. Viçosa: *UFV*. 421p.

Filgueiras, G. C.; Santos, M. A. S Dos; Homma, A. K. O; Rebello, F. K.; Cravo, M. S. (2009) Aspectos socioeconômicos. In: Zilli, J.E.; Vilarinho, A.A.; Alves, J. M. A. (Eds.). A cultura do feijão-caupi na Amazônia brasileira. Boa Vista, RR: *Embrapa Roraima*, p.23-58.

Finlay, K. W.; Wilkinson, G. N. (1963) The analysis of adaptation in a plant breeding programme. *Australian Journal of Agricultural Research*, 14:742-754.

Fisher, R. A. (1936) The use of multiple measurements in taxonomic problems. *Annals of Eugenics*, v. 7, n. 2, p. 179-188.

Forni-Martins, E. R. (1988) Citogenética de *Vigna Unguiculata* (L.) Walp. In: Araújo, J. P. P. De, Watt, E. E. (org.) O caupi no Brasil. Brasília, DF: Embrapa – *CNPAP*; Ibadan: IITA, p. 141-157.

Freire-Filho, F. R.; Ribeiro V. Q.; Rocha, M. M.; Silva, K. J. D.; Nogueira, M. S.; Rodrigues, E. V. (2011) Produção, melhoramento genético e potencialidades do feijão-caupi no Brasil. Teresina: *Embrapa Meio-Norte*, 84p.

Freire Filho, F. R. et al. (2011) Feijão-Caupi no Brasil: Produção, Melhoramento Genético, Avanços e Desafios. 1. ed. Teresina: *Embrapa Meio-Norte*, p. 84.

Freire Filho, F. R. Origem, evolução e domesticação do caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) In: Araújo, J. P. P. De; Watt, E. E. (Org). O Caupi no Brasil. Goiânia: EMBRAPA-CNPAF/Ibadan: IITA, 1988. p. 25-46.

Freire Filho, F.R. et al. (2005) Melhoramento genético. In: Freire Filho, F. R.; Lima, J. A. A.; Ribeiro, V. Q. (Ed.). Feijão-caupi: avanços tecnológicos. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Teresina: *Embrapa Meio Norte*, v. 1, p. 27-92.

Freire, L. F., Balieiro, F. C., Zonta, E., Anjos, L. H. C., Pereira, M. G., Lima, E., Guerra, J. G. M., Ferreira, M. B. C., Leal, M. A. A., Campos, D. V. B., Polidoro, J. C. (2013) Manual de Calagem e Adubação do Estado do Rio de Janeiro. 2. ed. Rio de Janeiro: UFRRJ e EMBRAPA, 430p.

Frota, A. B.; Pereira, P. R. (2000) Caracterização da produção de feijão-caupi na região Meio-Norte do Brasil. In: Cardoso, M. J.(Org.). A cultura do feijão-caupi no Meio Norte do Brasil, Teresina: *Embrapa Meio-Norte*, p.9- 25. (Embrapa Meio-Norte. Circular Técnica, 28).

Gandavo, P. de M. (2002) Tratado da terra do Brasil. Tratado Segundo. Das coisas que são gerais por toda Costa do Brasil. Capítulo Quarto. Dos mantimentos da terra. [Rio de Janeiro]: Ministério da Cultura. Fundação Biblioteca Nacional. Departamento Nacional do Livro. Criado em: 10 jun.

Garcia, A. A. F., Souza Junior, C. L. (1999) Comparação de índices de seleção não paramétricos para a seleção de cultivares. *Bragantia*, 58 (2): 253-267.

Gasim, S.; Hamad, S. A.; Abdelmula, A.; Mohamed Ahmed, I. A. (2015) Yield and quality attributes of faba bean inbred lines grown under marginal environmental conditions of Sudan. *Food science & nutrition*, v. 3, n. 6, p. 539-547.

Gomes Junior, F. G.; Lima, E. R.; Sá, M. E. de; Arf, O.; Rapassi, R. M. A. (2005) Rendimento do feijoeiro de inverno em respostas à época de semeadura e adubação nitrogenada em cobertura em diferentes estádios fenológicos. *Acta Scientiarum Agronomy*, Maringá, v. 27, n. 1, p. 77-81, jan-mar.

Guedes, R. E. (2008) *Bases para o Cultivo Orgânico Feijão-Caupi [Vigna unguiculata L. (Walp.)] no Estado do Rio de Janeiro*. Tese (Doutorado em Fitotecnia) Seropédica-RJ, Universidade Federal Rio de Janeiro- UFRRJ, p. 93.

Guedes, R. E.; Rumjanek, N. G.; Xavier, G. R.; Guerra, J. G. M.; Ribeiro, R. L. D. (2010) Consórcio de caupi e milho em cultivo orgânico para produção de grãos e espigas verdes. *Horticultura Brasileira*, v. 28, n. 2.

Hair, J. F.; Black, W.; Babin, B.; Anderson, R. E.; Tatham, R. L. (2009) *Análise Multivariada dados*. Editora Bookman, Porto Alegre, 6ª ed., 688 p.

Hamasaki, R. I.; Braz, L. T.; Purquerio, L. F. V.; Peixoto, N. (1998) Comportamento de novas cultivares de feijão-vagem em Jaboticabal-SP. CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 38, Petrolina. Resumo. Petrolina: SOB.

Hoffmann Júnior, L.; Ribeiro, N. D.; Rosa, S. S. Da; Jost, E.; Poersch, N. L.; Medeiros, S. L. P. (2007) Resposta de cultivares de feijão à alta temperatura do ar no período reprodutivo. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 37, n. 6, p. 1543-1548, nov./dez.

Hoogerheide, E. S. S. (2004) *Estabilidade fenotípica de cultivares de algodoeiro herbáceo em diferentes sistemas de produção no estado do Mato Grosso*. 2004. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas). Escola Superior de Agricultura —Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Estatística da Produção Agrícola Setembro de 2017. Disponível em: [https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa\\_201709\\_6.shtm](https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_201709_6.shtm). Acesso em: 13 agosto. 2018.

Ishiyaku, M. F.; Aliyu, H.; Zaria, A. A. (2010) Multi-environment evaluation of some elite lines of cowpea (*Vigna unguiculata* L.) in North West Nigeria. In: *World cowpea research conference*, 5, Senegal: Resumo... Senegal, p. 30.

Johnson, R.A. & Wichern, D.W. (1988) *Applied multivariate analysis*. 2.ed. Englewood Cliffs, Prentice Hall,, 607 p.

Jolliffe, I.T. (2002) *Principal Component Analysis* (2. ed.) Springer, New York.

Kappes, C. (2008) Feijão comum: características morfo-agronômicas de cultivares. In: *CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO*, 9., Campinas. Anais: IAC, 506 - 509.

Kempthorne, O. Nordskog, AW. (1959) Restricted selection indices. *Biometrics*, Washington, 15:10-19.

Kendall, M. (1980) *Multivariate analysis*. High Wycombe, *Charles Griffin*, 209p.

Kendall, M.G. (1950) Factor analysis as a statistical techniques. *J. R. Statist. Soc.*, B, 22: 60-73.

Liberato, J.R. (1995) *Aplicações de técnicas de análise multivariada em fitopatologia*. Viçosa, UFV, 144 p. (Tese M.S.)

Lima, G. P. B. (1996) Crescimento e produtividade do caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp] sob diferentes níveis de disponibilidade hídrica do solo. In: *REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE CAUPI*, 4., 1996, Teresina. Resumos.: CNPAMN/ EMBRAPA, p. 41-43.

Lopes Eml, Freire Filho Fr, Gomes Rf, Matos Filho Cha (2006) Caracterização morfo-agronômica de cultivares locais de feijão-caupi do grupo canapu. In: *CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI*, T. Anais. Teresina. Embrapa Meio-Norte. CD-ROM.

Lopes, A. Da S.; Oliveira, G. Q. De; Souto Filho, S. N.; Goes, R. J.; Camacho, M. A. (2011) Manejo de irrigação e nitrogênio no feijoeiro comum cultivado em sistema de plantio direto. *Revista Ciência Agronômica*, v.42, p.5156.

Machado, F. C. D.; Teixeira, N. J. P.; Freire Filho, F. R.; Rocha, M. M. D.; Gomes, R. L. F. (2008) Identificação de genótipos de feijão-caupi quanto à precocidade, arquitetura da planta e produtividade de grãos. *Revista Ciência Agronômica*, v. 39, n. 1.

Maréchal, R.; Mascherpa, J. M.; Stainier, F. (1978) Étude taxonomique d'un groupe complexe d'espèces de genres *Phaseolus* et *Vigna* (Papilionaceae) sur la base de données morphologiques et polliniques, traitées par l'analyse informatique. *Boissiera*, Geneve, v. 28, p. 1-273.

Manly, B. F. J. (2008) Métodos Estatísticos Multivariados. *Editora Artmed® S.A.* 3. Ed. 224 p.

Manly, B. F. J. (1986) *Multivariate statistical methods: A primer*. London, *Chapman and Hall*, 159 p.

Mardia, K. V.; Kent, J. T.; Bibby, J.M. (1979) *Multivariate analysis*. London, *Acad. Press*, 521 p.

Mendes, R. M. de S.; Távora, F. J. A. F.; Pinho, J. L. N. de; Pitombeira, J. B. (2005) Alterações na relação fonte-dreno em feijão-de-corda submetido a diferentes densidades de plantas. *Ciência Agronômica*, v. 36, n. 1, p.82-90, jan./abr.

Matos, V. P. et al. (1991) Período crítico de competição entre plantas daninhas e a cultura do caupi. *Pesq. Agropec. Bras.*, v. 26, n. 5. p. 737-743.

Matoso, A. O. et al. (2013) Avaliação de genótipos de feijão-caupi de porte ereto e semiereto na safrinha em Botucatu-SP. In: *CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI (CONAC)*, 3., 2013, Recife. Resumos...Recife: Instituto Agronômico de Pernambuco (IPA).

Matoso, A. O. (2011) *Milho e feijão-caupi cultivados em faixas na safrinha*. Dissertação de mestrado. Botucatu, SP. Faculdade De Ciências Agronômicas Campus de Botucatu. 148 p.

Melo, L. C. et al. (2007) Interação com ambientes e estabilidade de genótipos de feijoeiro-comum na região centro-sul do Brasil.

McGarigal, K.; CUSHMAN, S.; STAFFORD, S. (2000) Multivariate statistics for wildlife and ecology research. New York: *Springer Science and Business Media*.

Mingoti, A.S. (2007). Análise de dados através de métodos de estatística multivariada. Belo Horizonte, *Editora UFMG*, 295p.

Morakinyo, J. A.; Ajibade, S. R. (1998) Effect of seasons and genotype x season interaction of vegetative and yield parameters of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp). *Nigerian Journal of Science*, v.32, p.21-25.

Morrison, D.F. (1976) Multivariate statistical methods (2a ed.). New York, *Mc GrawHill*, 415 p.

Mohammadi, R.; Amri, A. (2009) Analysis of genotype x environment interactions for grain yield in durum wheat. *Crop Science*, v.49, n.4, p.1177-1186.

Nunes, H. F. (2012) *Adaptabilidade e estabilidade da produtividade de grãos de genótipos de feijão-caupi do tipo fradinho em cultivos de sequeiro e irrigado*. Universidade Federal do Piauí. Dissertação de Mestre. Teresina.

Oliveira, F. J. de; Anunciação Filho, C. J. da; Bastos, G. Q.; Reis, O. V. dos; Teófilo, E. M. (2003) Caracteres agronômicos aplicados na seleção de cultivares de caupi. *Revista Ciência Agronômica*, v.34, p.5-11.

Oliveira, L. V. A.; Correa, A. M. (2009) Desempenho de genótipos de feijão-caupi em Aquidauana/MS. In: *ENCONTRO NACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA*, 1, Aquidauana, 2009. Livro de Resumos. v. 7. p. 01- 04.

Oliveira M. V. M. de, Lima, C. F. de, Costa, I. J. N, Gomes, R. S., Moura, M. C. C. L. (2013) Evolução dos aspectos produtivos do feijão-caupi no Estado do Maranhão nos anos de 1990 a 2010. Anais. *Congresso Nacional de Feijão-caupi*, 3. <http://www.conac2012.org/resumos/pdf/199a.pdf> em 10/09/2013 página mantida pelo CONAC.

Oliveira, T. R. A. D.; Gravina, G. D. A.; Oliveira, G. H. F. D.; Araújo, K. C.; Araújo, L. C. D.; Daher, R. F.; Vivas, M.; Gravina, L. M.; Cruz, D. P. D. (2018) The GT biplot analysis of green bean traits. *Ciência Rural*, v. 48, n. 6.

Padi, F. K. (2007) Genotype x environment interaction and yield stability in a cowpeabased cropping system. *Euphytica*, v. 158, p. 11–25.

Pedrozo, C. A; Vilarinho, A. A; Silva, N. M; Cardoso, M. J; Bastos, E. A. (2013) Densidade de Plantio em Cultivares de Feijão -Caupi de porte semiprostrado.

Padulosi, S. (1993) *Genetic diversity, taxonomy, and ecogeographic survey of the wild relatives of cowpea (V. unguiculata)*. 228 f.. PhD thesis - University of Louvain La Neuve, Belgium.

Padulosi, S.; Ng, N. Q. (1997) Origin taxonomy, and morphology of *Vigna unguiculata* (L.) Walp. In: SINGH, B. B.; MOHAN RAJ, D. R.; DASHIELL, K. E.; JACKAI, L. E. N. (Ed.). *Advances in cowpea research*. Ibadan: International Institute of Tropical Agriculture; Tsukuba: Japan International Research Center for Agricultural Sciences, p. 1-12. *Trabalhos selecionados do Second World Cowpea Research Conference, Accra, Ghana*.

Paramesh, M.; Reddy, D.; Priya, M.; Sumathi, P.; Sudhakar, P.; Reddy, K. (2016) GT biplot analysis for yield and drought related traits in mung bean (*Vigna radiata* L. Wilczek). *Electronic Journal of Plant Breeding*, v. 7, n. 3, p. 538-543.

Pearson, K. (1901) On lines and planes of closest fit to systems of points in space. *Philosophical Magazine, Philadelphia*. Series 6, n. 2, p. 559-572.

Peixoto, N. et al. (2002) Adaptabilidade e estabilidade em feijão de vagem de crescimento indeterminado. *Horticultura Brasileira*, 20 (04): 616 - 618.

Peluzio, J. M.; Vaz de Melo, A.; Afférri, F. S.; Silva, R. R.; Barros, H. B.; Nascimento, I. R.; Fidelis, R. R. (2009) Variabilidade genética entre cultivares de soja, sob diferentes condições edafoclimáticas. *Revista Ciência Agrônômica*, v.42, n.01, p.108- 115.

Pereira, H. S.; Melo, L. C.; Faria, L. C.; Del Peloso, M. J.; Da Costa, J. G. C.; Rava, C. A.; Wendland, A. (2009) Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de feijoeiro-comum com grãos tipo carioca na Região Central do Brasil. *Pesq. agropec. bras.*, 44(1): 29-37.

Pesek, J., Baker. (1969) Desired improvement in relation to selected índices. *Canadian Journal Plant Science*, 49:803-804.

Pimentel-Gomes, F. (2000) Curso de Estatística Experimental, 14<sup>a</sup>. Edição, Piracicaba, SP, 477p.

Pinto, C. M. F.; Vieira, R. F.; Venzon, M.; Paula Jr., T. J. de; Mattos, R.N. (2007) Feijão-vagem (*Phaseolus vulgaris* L.) In: Paula J. R, T. J. de & Venzon, M. (Coord.) 101 Culturas; *Manual de tecnologias agrícolas. EPAMIG*, Belo Horizonte, MG. 800p.

Phillips, E. P. (1951) The genera of South African flowering plants. Pretoria: *Government Printer*, 702 p.

R Development Core Team (2014). Writing R extensions. *R Foundation for Statistical Computing*, Vienna, Austria.

Ramalho, M A. P.; Santos, J. B.; Zimmermann, M. J. O. (1993) Genética quantitativa em plantas autógamas: aplicações ao melhoramento do feijoeiro. Goiânia: *Editora UFG*, 271p.

Ramalho, M. A. P.; Abreu A. de F. B.; Santos J. B. dos; Nunes, J. A. R. (2012) Aplicações da genética quantitativa no melhoramento de plantas autógamas. Lavras: *Ufla*, p. 522.

Ramos Junior, E. U.; Lemos, L. B.; Silva, T. R. B. da. (2005) Componentes da produção, produtividade de grãos e características tecnológicas de cultivares de feijão. *Bragantia*, Campinas, v. 64, n. 1, p. 75-82.

Ribeiro, N. D.; Possebon, S. B.; Stroschein, M. R. D. (2003) Dissimilaridade genética entre linhagens avançadas de feijoeiro. *Revista Brasileira de Agrociência*, Pelotas, v. 9, n. 1, p. 25-29, jan-mar.

Rocha, M. de M. et al. (2009) Controle genético do comprimento do pedúnculo em feijão-caupi. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 44, n. 3, p. 270275.

Rocha, M. M.; Damasceno, K. J.; Freire Filho, S. F. R.; Menezes Junior, J. A. N. (2017) Cultivo de Feijão-Caupi. Sistema de produção Embrapa. Versão Eletrônica 2ª edição. Março. Disponível em: <  
<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1071691/1/SistemaProducaoCaupiCapituloCultivares.pdf>> . Acesso em 10 de outubro de 2017.

Sampaio, L. S.; Cravo, M.; Freire Filho, F. R. et al. (2006) Avaliação de linhagens de feijão-caupi em Igarapé Açú-PA. Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém-PA, p. 5.

Santos, C. A. F.; Araújo, F. P.; Menezes, E. A. (2000) Comportamento produtivo em caupi em regimes irrigado e de sequeiro em Petrolina e Juazeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 35:2229-2234.

Santos, C. A. F.; Araújo, F. P. (2000) Produtividade e morfologia de genótipos de caupi em diferentes densidades populacionais nos sistema irrigado e de sequeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 35, n. 10, p. 1977-1984, out.

Santos, E. R.; Santos, A. F.; Capone, A.; Santos, W. R.; Moura, S. G.; Barros, H. B. (2011) Genetic dissimilarity between soybean genotypes cultivated in lowland irrigated inter-cropping. *Journal of Biotechnology and Biodiversity*, v.4, n.3: p.222-231.

Santos, E. R. S.; Barros, H. B.; Ferraz, E. C.; Cella, A. J. S.; Capone, A.; Santos, A. F.; Fidelis, R. R. (2013) Divergência entre genótipos de soja, cultivados em várzea irrigada. *Revista Ceres*, v.58, n.6.

Santos, J. A. S.; Soares, C. M. G.; Corrêa, A. M.; Teodoro, P. E.; Ribeiro, L. P.; Abreu, H. K. A. (2014) Agronomic performance and genetic dissimilarity among cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) genotypes. *Global Advanced Research Journal of Agricultural Science*, v. 3, n. 8, p. 271-277.

Santos, J. D. (2013) Produtividade de cultivares de feijão-caupi no Agreste Paraibano. *Tecnologia & Ciência Agropecuária*, João Pessoa, v. 7, n. 4, p. 31-36.

Santos, J. F. dos. et al. (2009) Produção e componentes produtivo de variedades de feijão-caupi na microregião Cariri Paraibano. *Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia*, Espírito Santo do Pinhal, v. 6, n. 1, p. 214-222.

Santos, J. W. dos; Almeida, F. de A. C.; Beltrão, N. E. de M.; Cavalcante, F. B. (2008) Estatística experimental aplicada. Cap. 5, 2 ed. Campina Grande/PB: *Embrapa Algodão*, p.461.

Santos, R. D.; Carvalho, L. D.; Santos, V. D. (2000) Análise de coeficiente de trilha para os componentes de produção em amendoim. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 24, n. 1, p. 13-16.

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

Sartorio, S. D. (2008) *Aplicações de técnicas de análise multivariada em experimentos agropecuários usando o software R*. 130 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

Scapim, C. A.; Oliveira, V. R.; Braccini, A. L.; Cruz, C. D.; Andrade, C. A. B; Vidigal, M. C. G. (2000) Yield stability in maize (*Zea mays*) and correlations among the parameters of Ebehart an Russell, Lin and Binns and Huehn models. *Genetics and Molecular Biology*, 23(2): 387-393.

SEAPEC-RJ (2011), Secretaria de Agricultura, Pecuária, Pesca e Abastecimento. Avaliação Social. Projeto Rio Rural/BIRD. Disponível em <http://www.agricultura.rj.gov.br/pdf/AvaliacaoSocial.pdf>. Acesso em 17 de setembro de 2012.

SEMENTES TOMAZETTI: Feijão-caupi continua aquecido no mercado internacional, 2012. Disponível em: . Acesso em: 04 dez. 2013.

Shimelis, H.; Shiringani, R. P. (2010) Variance components and heritabilities of yield agronomic traits among cowpea genotypes. *Euphytica*, 176, p.383-389.

Shiringani, R. P. (2007) *Effects of planting date and location on phenology, yield and yield components among selected cowpea varieties*. 73 f. Dissertation (Msc/Agriculture) - Faculty of Science and Agriculture University of Limpopo, School of agricultural and environmental Sciences, South Africa.

Shiringani, R. P.; Shimelis, H. (2011) Yield response and stability among cowpea genotypes at three planting dates and test environments. *African Journal of Agricultural Research*, v.6, p.3259-3263.

Silva, A. R. (2011b) *Sistema agroflorestal sobre cultivo de leguminosas: fertilidade do solo, resistência a penetração e produtividade de milho e feijão-caupi*. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Gurupi-To. Universidade Federal do Tocantins - UFT, 96p.

Silva, J. A. L.; Neves, J. A. (2011) Produção de feijão-caupi semi-prostrado em cultivos de sequeiro e irrigado. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v. 6, p. 29-36.

Silva, J. A. L. D.; Neves, J. A. (2011) Production components and their correlations in caupi bean genotypes in rainfed and in irrigated cultivation. *Revista Ciência Agrônômica*, v. 42, n. 3, p. 702-713.

Silva, P. S. L.; Oliveira, C. N. (1993) Rendimentos de feijão verde e maduro de cultivares de caupi. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 11, n. 2, p 133-135.

Silva, W. C. J. E; Duarte, J. B. (2006) Métodos estatísticos para estudo de adaptabilidade fenotípica em soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.41, n.1, p.23-30.

Singh, B. B. (2006) Cowpea breeding at IITA: highlights of advances impacts. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 1.; REUNIÃO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 6., Teresina. Tecnologias para o agronegócio: anais. Teresina: *Embrapa Meio-Norte*, 2006. 1 CD-ROM. (Embrapa Meio-Norte. Documentos, 121).

Singh, I.; Badaya S. N.; Tikka, S. B. S. (2006) Combining ability for yield over environments in cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp). *Indian Journal Crop Science*, Gujrat, v.1, p.205-206.

Singh, S. (1989) Patterns of variation in cultivated common bean (*Phaseolus vulgaris*, Fabaceae). *Economic Botany*, v.43, p.39 - 57.

Singh, S. P. Bean genetics. In: SCHOONHOVEN, A. van; VOYSEST, O. (Ed.). (1991) Common beans: research for crop improvement. Wallingford: CAB-CIAT, p.55-118.

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

Souza, A. L. de.; Hosokawa, R. T.; Kirchner, F. F.; Machado, S. A. (1990) Análise multivariada para manejo de floresta natural na reserva florestal de Linhares, Espírito Santo: análises de agrupamento e discriminante. *Rev. Árvore*, v.14, n.2, p.85-101.

Steele, W. M. (1976) Cowpeas: *Vigna unguiculata* Leguminosae-Papilionatae. In SIMONDS, N. W. Ed. Evolution of crop Plant. London: *Longmans*, p. 183-185.

Summerfield, R. J.; Huxley, P. A.; Steel, W. (1974) Cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). *Field Crop Abstracts*, Wallingford, v. 27, p. 301-312.

Summerfield, R. J.; Roberts, E. H. (1985) *Vicia Faba*. In: Handbook of flowering. Boca Raton: A.H. Halvey, *CRC Press*, v. 1, p. 171-184.

Smith, O. S. Hallauer, A. R., Russel, W. A. (1981) Use of index selection programs in maize. *Euphytica*, 30:611-618.

Smith, H. F. (1936) A discriminant function for plant selection. *Ann. Eugen.*, 7:240-250.

Tai, G. C. C. (1977) Index selection with desired gains. *Crop Science*, Madison, *Crop Science*, v.17, p.182-183.

Távora, F. J. A. F.; Nogueira, S. L.; Pinho, J. L. N. de. (2001) Arranjo e populações de plantas em cultivares de feijão-de-corda com diferentes características de copa. *Ciência Agrônômica*, v. 32, n. 1/2, p.69-77.

Teixeira, I. R.; Andrade, M. J. B. de; Carvalho, J. G. de Moraes, A. R. de; Corrêa, J. B. D. (2000) Resposta do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Pérola) a diferentes densidades de semeadura e doses de nitrogênio. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 24, n. 4, p. 399-408, abr./jun.

Teófilo, E. M. et al. (2008) Potencial fisiológico de sementes de feijão-caupi produzidas em duas regiões do Estado do Ceará. *Revista Ciência Agrônômica*, v. 39, n. 3, p. 443-448.

Tessaioli Neto, J.; Groppo, G.A.(1992) A Cultura do Feijão-vagem; *Boletim Técnico 212*, Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI), Campinas, SP, 12p.

Torres, F. E.; Teodoro, P. E.;Sagrilo, E.;Ceccon, G.; Correa, A. M. (2015) Interação genótipo x ambiente em genótipos de feijão-caupi semiprostrado via modelos mistos. *Bragantia*, v. 74, n. 3, p. 255-260.

Vencovsky, R., Barriga, P. (1992) Genética biométrica no fitomelhoramento. Ribeirão Preto: *Sociedade Brasileira de Genética*, 496 p.

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

Verma, M. M.; Chahal, G. S.; Murty, B. R. (1978) Limitations of conventional regression analysis: a proposed modification. *Theor. Appl. Genet.*, 53:89-91.

Vilarinho, A. A. et al. (2008) Cultivar de Feijão-caupi BRS Tumucumaque: Nova Cultivar para Roraima. Disponível em:<  
[http://www.cpafr.embrapa.br/embrapa/attachments/283\\_cot192008\\_tumucumaque\\_aloisio .pdf](http://www.cpafr.embrapa.br/embrapa/attachments/283_cot192008_tumucumaque_aloisio.pdf)>. Acesso em: 05 fev. 2013.

Vilela, F. O.; Amaral-Júnior, A. T. (2008) *Melhoramento Genético de Feijão-deVagem (Phaseolus vulgaris L.) Avanço de Gerações via SSD, uso de Índices*

*de Seleções Estatísticas P1 na identificação de Genótipos Superiores*. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF, Campos dos Goytacazes.

Vilhordo, B. W.; Mikusinski, O. M. F.; Burin, M. E.; Gandolf, V. H.(1996). Morfologia. IN: Araújo, R. S., Rava, C. A., Stone, L. F., Zimmermann, M. J. O (eds). *Cultura do feijoeiro: fatores que afetam a produtividade*. Piracicaba. *Associação Brasileira para pesquisa da potassa e do fosfato*, 669 - 700.

Vogt, G. A.; Balbinot Júnior, A. A.; Souza, A. M. (2010) Divergência genética entre cultivares de girassol no planalto norte catarinense. *Scientia Agraria*, v.11, n.04, p.307- 315.

Wickham, H. (2009) *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis Springer-Verlag*. New York.

WORLD COWPEA RESEARCH CONFERENCE, 5, 27 set./01 out. 2010. Senegal. Anais...Disponível:[http://cowpea2010.iita.org/c/document\\_library/get\\_file?uuid=a93584d3-2226-4ff6-8e4b-920309df0b77&groupId=19070](http://cowpea2010.iita.org/c/document_library/get_file?uuid=a93584d3-2226-4ff6-8e4b-920309df0b77&groupId=19070). Acesso: 13 de outubro de 2017.

Yang, H. Harrington, C. A.; Vartanian, K.; Coldren, C. D.; Hall, R.; Churchill, G. A. (2008) Randomization in laboratory procedure is key to obtaining reproducible microarray results. *PLoS One*, 3:e3724.

Yokoyama, L. P.; Banno, K.; Kluthcouski, J. (1996) Aspectos socioeconômicos da cultura. Araújo, R. S.; Rava, C. A.; Stone, L. F.; Zimmermann, M. J. de O. (Coord.). *Cultura do feijoeiro comum no Brasil*. Piracicaba: *POTAFOS*, p. 1-21.

Yan, W. (2001) GGEbiplot a Windows application for graphical analysis of multienvironment trial data and other types of two-way data. *Agronomy Journal*, v. 93, n. 5, p. 1111-1118.

Yan, W.;Frégeau-Reid, J. (2018) Genotype by Yield\* Trait (GYT) Biplot: a Novel Approach for Genotype Selection based on Multiple Traits. *Scientific reports*, v. 8.

Yan, W. (2018) GGE Biplot vs. AMMI graphs for genotype-by-environment data analysis. *Journal of the India Society of Agricultural Statistics*, v. 65, n. 2, p. 181-193.

Yan, W.; Kang, M. S. (2003) GGE biplot analysis: a graphical tool for breeders, geneticists, and agronomists. Flórida: *Boca Raton*,. 286p.