



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

NÁJLA DE SOUSA FALCÃO ALVES

**INTRODUÇÃO, CARACTERIZAÇÃO MORFOAGRONÔMICA E FISIOLÓGICA DE
SETE ACESSOS DE FEIJÃO-CAUPI NO BANCO DE GERMOPLASMA DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**

**FORTALEZA
2018**

NÁJLA DE SOUSA FALCÃO ALVES

INTRODUÇÃO, CARACTERIZAÇÃO MORFOAGRONÔMICA E FISIOLÓGICA DE
SETE ACESSOS DE FEIJÃO-CAUPI NO BANCO DE GERMOPLASMA DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ

Monografia apresentada ao Curso de Agronomia do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof^a. Dr^a. Rosilene Oliveira Mesquita

Coorientador: Dr^a. Ana Kelly Firmino da Silva

FORTALEZA

2018

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

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

- A481i Alves, Nájla de Sousa Falcão.
Introdução, caracterização morfoagronômica e fisiológica de sete acessos de feijão-caupi no Banco de Germoplasma da Universidade Federal do Ceará / Nájla de Sousa Falcão Alves. – 2018.
55 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Curso de Agronomia, Fortaleza, 2018.
Orientação: Profa. Dra. Rosilene Oliveira Mesquita.
Coorientação: Profa. Dra. Ana Kelly Firmino da Silva.
1. Vigna unguiculata. 2. Região semiárida. 3. Eficiência do uso da água. 4. Produção. I. Título.

NÁJLA DE SOUSA FALCÃO ALVES

INTRODUÇÃO, CARACTERIZAÇÃO MORFOAGRONÔMICA E FISIOLÓGICA DE
SETE ACESSOS DE FEIJÃO-CAUPI NO BANCO DE GERMOPLASMA DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ

Monografia apresentada ao Curso de
Agronomia do Departamento de Fitotecnia
da Universidade Federal do Ceará, como
requisito parcial para obtenção do Título de
Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof^a. Dr^a. Rosilene Oliveira
Mesquita
Coorientador: Dr^a. Ana Kelly Firmino da
Silva

Aprovada em: 26/03/2018.

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. Rosilene Oliveira Mesquita
Universidade Federal do Ceará (Orientadora pedagógica)

Dr^a. Ana Kelly Firmino da Silva
Universidade Federal do Ceará (Coorientadora)

Eng. Agron. Johny de Souza Silva
Mestrando da Universidade Federal do Ceará

Eng. Agron. Rafael Santiago da Costa
Mestrando da Universidade Federal do Ceará

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por todas as oportunidades proporcionadas em minha vida.

Aos meus pais Raimundo Falcão e Maria Falcão, pela dedicação que tiveram comigo durante toda minha vida e principalmente pela educação que me deram.

Ao meu esposo Luis Artur Alves que me apoiou e fez todo o esforço possível para que eu pudesse concluir esse curso.

Aos meus irmãos Nairgledson, Nairgláucia, Nairzângela e Irgledson que são como pais e fizeram muito para que eu entrasse e continuasse na universidade.

À Universidade Federal do Ceará (UFC) que me qualificou durante a graduação.

À professora Rosilene Mesquita por sua orientação.

À minha segunda orientadora e amiga, Ana Kelly, obrigada por toda ajuda, amizade e paciência.

Aos mestrandos Rafael Santiago e Johny de Souza, por todas orientações na escrita desse trabalho, paciência e por poderem participar da minha banca.

Ao Laboratório de Sementes (LAS) da UFC que me concedeu espaço para realização deste trabalho.

Aos meus amigos de graduação, principalmente Ana Kariny e Wendy Honório que compartilharam conhecimentos, ansiedades, medos e alegrias durante toda a graduação.

*Como é feliz o homem que acha a
sabedoria, o homem que obtém
entendimento.*

Provérbios 3.13

RESUMO

O feijão-caupi apresenta grande importância econômica e social em todo o mundo, com destaque para a região do Nordeste brasileiro. No entanto sua produtividade é considerada muito baixa no Brasil, devido ao baixo nível tecnológico empregado nos cultivos. Dessa forma, conhecer e utilizar cultivares promissoras, pode ser uma estratégia para melhoria de cultivos na região semiárida brasileira. Nesse sentido, o objetivo desse trabalho foi realizar a introdução, caracterização morfoagronômica e fisiológica de sete acessos de feijão-caupi no Banco Ativo de Germoplasma da Universidade Federal do Ceará. O experimento foi realizado na área de renovação e multiplicação de feijão-caupi, durante o fevereiro a maio do ano de 2018. Utilizou-se um delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial, referentes a 7 genótipos e 2 épocas de avaliação. As variáveis morfoagronômicas avaliadas foram os descritores botânicos e agrônômicos descritos para a cultura do caupi. Já as variáveis fisiológicas avaliadas foram: fotossíntese, transpiração, condutância estomática, razão entre concentração interna e externa de CO₂, eficiência do uso da água e eficiência instantânea de carboxilização. Os acessos de maior produção obtidos a partir da caracterização morfoagronômica foram BRS Acauã, Pingo de Ouro 1,2 e Santo Inácio, com produção por planta de 121,5 g/planta, 96,1g/planta e 107,22g/planta, respectivamente. Para as variáveis fisiológicas, os acessos BRS Acauã e Pingo de Ouro 1,2 responderam melhor na fase reprodutiva para as variáveis fotossíntese e transpiração, o genótipo Santo Inácio se sobressaiu nas análises de Ci/Ca, EUA e EiC.

Palavras-chave: *Vigna unguiculata*; Região semiárida; eficiência do uso da água; produção.

ABSTRACT

Cowpea beans are of great economic and social importance throughout the world, especially in the Northeast region of Brazil. However, its productivity is considered very low in Brazil, due to the low technological level used in the crops. Thus, knowing and using promising cultivars can be a strategy for crop improvement in the Brazilian semiarid region. In this sense, the objective of this work was to perform the introduction, morphological and physiological characterization of seven accessions of cowpea in the Active Bank of Germplasm of the Federal University of Ceará. The experiment was carried out in the area of renewal and multiplication of cowpea, during the February to May of the year 2018. A completely randomized design was used in a factorial scheme, referring to 7 genotypes and 2 evaluation periods. The morphoagronomic variables evaluated were the botanical and agronomic descriptors described for the cowpea crop. The physiological variables evaluated were: photosynthesis, transpiration, stomatal conductance, ratio between internal and external CO₂ concentration, water use efficiency and instantaneous carboxylation efficiency. The highest production accesses obtained from the morphoagronomic characterization were BRS Acauã, Pingo de Ouro 1,2 and Santo Inácio, with production per plant of 121.5 g / plant, 96.1g / plant and 107.22g / plant, respectively. For the physiological variables, the BRS Acauã and Pingo de Ouro 1,2 accessions responded better in the reproductive phase for the photosynthesis and transpiration variables, the Santo Inácio genotype excelled in the analyzes of C_i / C_a , EUA and EiC.

Keywords: *Vigna unguiculata*; semiarid region; efficiency of water use; production.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 -	Esquema do ciclo fenológico do feijão-caupi com a ocorrência das principais pragas.....	23
Figura 2 -	Área de multiplicação do Banco Ativo de Germoplasma.....	29
Figura 3 -	Área de multiplicação de feijão-caupi. (A) Distribuição das fileiras na área; (B) Distribuição das plantas nas fileiras.....	30
Figura 4 -	Arquitetura do feijão-caupi, tipos de porte: (A) Ereto; (B) Semiereto; (C) Semiprostrado e (D) Prostra.....	32
Figura 5 -	Descritor baseado na forma do folíolo central. (A) Semilanceolada; (B) Lanceolada e (C) Semiovalada.....	33
Figura 6 -	Descritor baseado na cor da flor. (A) Branca e (B) Violeta clara.....	33
Figura 7 -	Descritor baseado na forma da semente. (A) Reniforme e (B) Romboide.....	34
Gráfico 1 -	Resposta da fotossíntese em plantas de feijão-caupi em diferentes estádios fenológicos (FV - fase vegetativa e FR - fase reprodutiva).....	40
Gráfico 2 -	Resposta da fotossíntese em sete acessos de feijão-caupi.....	40
Gráfico 3 -	Interação entre genótipo e estágio fenológico (FV - fase vegetativa e FR - fase reprodutiva) na transpiração em sete acessos de feijão-caupi.....	41
Gráfico 4 -	Interação entre genótipo e estágio fenológico (FV - fase vegetativa e FR - fase reprodutiva) na concentração interna e externa de CO ₂ em sete acessos de feijão-caupi.....	42
Gráfico 5 -	Interação entre genótipo e estágio fenológico (FV - fase vegetativa e FR - fase reprodutiva) na eficiência do uso da água em sete acessos de feijão-caupi.....	43
Gráfico 6 -	Interação entre genótipo e estágio fenológico (FV - fase vegetativa e FR - fase reprodutiva) na eficiência instantânea de carboxilação em sete acessos de feijão-caupi.....	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Classificação de sete variedades de feijão-caupi para diferentes caracteres morfológicos.....	35
Tabela 2 -	Presença de antocianina nos acessos.....	36
Tabela 3 -	Caracterização e classificação agronômica da vagem.....	37
Tabela 4 -	Caracterização e classificação da semente.....	38
Tabela 5 -	Análise de variância para as variáveis Fotossíntese, condutância estomática, transpiração, razão entre concentração interna e externa de CO ₂ , Eficiência do uso da água e Eficiência instantânea de carboxilização dos acessos nos diferentes estádios fenológicos.....	39

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CONAB	Campanha Nacional de Abastecimento
BAG	Banco Ativo de Germoplasma
UFC	Universidade Federal do Ceará
LAS	Laboratório de Análise de Sementes
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
IITA	International Institute of Tropical Agriculture
MAPA	Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento.
CNPAF	Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão
CENARGEN	Centro Nacional de Recursos Genéticos e Biotecnologia
SUDENE	Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste
CE	Ceará
IRGA	Infra-red Gas Analyzer
A	Taxa fotossintética
E	Taxa de transpiração
Gs	Condutância estomática
Ci/Ca	Razão entre concentração interna e externa de CO ₂
EUA	Eficiência do uso da água
EiC	Eficiência instantânea de carboxilização.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1 Aspectos socioeconômicos.....	14
2.2 Origem e Introdução no Brasil.....	15
2.3 Botânica e Fenologia.....	15
2.3.1 Aspectos Taxonômicos	15
2.3.2 Aspectos Morfológicos	16
2.3.2.1 Morfologia Vegetativa.....	16
2.3.2.2 Morfologia Reprodutiva.....	17
2.3.3 Aspectos Fenológicos	19
2.4 Exigências Edafoclimáticas e Ecofisiologia.....	20
2.4.1 Disponibilidade Hídrica.....	20
2.4.2 Temperatura, Luminosidade e Fotoperíodo	21
2.4.3 CO ₂	22
2.4.4 Zoneamento Agroclimático.....	22
2.5 Pragas.....	23
2.6 Recurso Genético.....	24
2.7 Banco de Germoplasma da Universidade Federal do Ceará (UFC).....	27
2.7.1 Referencial Histórico	27
2.7.2 Coleção de Germoplasma da UFC.....	27
3 METODOLOGIA	29
3.1 Localização do Experimento	29
3.2 Condução do Experimento.....	29
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
4.1 Caracterização Morfoagronômica	35
4.2 Caracterização Fisiológica	38
5 CONCLUSÕES	45
REFERÊNCIAS	46
APÊNDICE A - Tabela de interação entre os fatores genótipos (Gen) e as fases fenológicas (vegetativa - FV e reprodutiva - FR) nas variáveis transpiração (E), razão	

entre concentração interna e externa de CO₂ (C_i/C_a), eficiência do uso da água (EUA) e eficiência instantânea de carboxilização (EiC) em sete acessos de feijão-caupi.

1. INTRODUÇÃO

O feijão-caupi é uma planta de origem Africana que foi introduzida no Brasil por colonizadores portugueses, no estado da Bahia (FREIRE FILHO, 1988). Portanto o caupi faz parte da dieta dos brasileiros a muito tempo. Esta espécie é conhecida por diversas denominações em diferentes regiões do Brasil, dentre eles, feijão de corda, fradinho, macassar entre outros (NEVES et al, 2011).

A produção de feijão-caupi se concentra na região Norte e Nordeste, no entanto vem ganhando espaço no Centro-Oeste, devido ao desenvolvimento de cultivares que favorecem o cultivo mecanizado. É um alimento proteico e energético que supre as necessidades nutricionais da população, alimento rico em proteína (23-25% em média), apresenta todos os aminoácidos essenciais além de carboidratos (62%), vitaminas e minerais e uma grande quantidade de fibras dietéticas, baixa quantidade de gordura e sem colesterol (FREIRE FILHO et al., 2000).

Além do consumo in natura, secos ou verdes, a matéria seca do feijão pode ser utilizada na produção de forragem verde, feno, ensilagem, adubação verde e proteção do solo (EMBRAPA, 2003).

A pesquisa com feijão-caupi tem evoluído muito, em busca de novos cultivares adaptados a diversos tipos de ambientes e sistemas de produção e com caracterização de grão e vagem que atendem as exigências de comerciantes e consumidores (FREIRE FILHO et al., 2000).

O caupi por ser possuidor de ampla variabilidade genética, ampla adaptação, alto potencial nutritivo, grande capacidade de fixar nitrogênio tem ganhado espaço na economia e adquirido valor comercial (FREIRE FILHO et al., 2005a, 519p).

Com a ocorrência de mutações, seleção natural, cruzamentos naturais e a influência dos produtores, selecionando os tipos de planta e de grãos com base em suas preferências visuais e culinárias. Esse material tem uma grande variabilidade genética, tanto entre populações quanto dentro delas. Esse material genético embora sendo exótico, reúne as chamadas cultivares locais ou crioulas e constituem o germoplasma básico de feijão do país (FREIRE FILHO et al., 2011).

O recurso genético de caupi constitui a base do desenvolvimento agrícola da cultura e o seu manejo envolve atividades que vão desde o enriquecimento, realizado através da introdução e da coleta de germoplasma, à caracterização e avaliação e por último a sua conservação a médio e longo prazo (FREIRE et al., 1999).

O enriquecimento da variabilidade de caupi é essencial para a criação de novas cultivares mais produtivas e resistentes à pragas e doenças. O investimento e ampliação dos bancos de germoplasma pelo mundo, e principalmente no Brasil, irão garantir que novas pesquisas sejam feitas e que essas variedades não se percam, pois ainda existe pouco conhecimento e tecnologias próprias ao seu cultivo no Brasil.

Neste contexto, o presente trabalho foi conduzido com o intuito de realizar a caracterização morfoagronômica e fisiológica de sete acessos de feijão-caupi que serão introduzido no Banco Ativo de Germoplasma da Universidade Federal do Ceará e comparar dentre os acessos os que obtiveram melhores resultados de produção e quais os mais adaptados a região semiárida.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Aspectos socioeconômicos

Vigna unguiculata (L) Walp, é conhecida por diferentes nomes no Brasil, tais como feijão-caupi, feijão-de-corda, feijão-fradinho, feijão-frade, feijão-miúdo ou feijão-macassar, ela faz parte da alimentação da maior parte da população brasileira, principalmente nas regiões Norte e Nordeste. O feijão-caupi, por ser uma planta que apresenta tolerância à seca, pode ser cultivado em diferentes condições de clima e solo (NEVES et al., 2011, p. 01).

O cultivo do feijão-caupi é uma atividade de grande importância para o desenvolvimento agrícola da região Nordeste, tanto no aspecto econômico como no nutricional, pois é o alimento básico na alimentação das populações mais pobres, exercendo função social no suprimento das necessidades nutricionais dessa camada da população (DUTRA et al., 2007, p. 111).

Em termos nutricionais, o feijão-caupi é superior aos feijões comuns, além de ter um custo baixo de produção (MARINHO, 2001, p. 06). Segundo Do Vale et al. (2017, p. 05) essas características juntamente com a adaptação da cultura as condições edafoclimáticas e o aporte tecnológico vem transferindo o feijão-caupi dos grupos de subsistência para o grupo de culturas de importância econômica.

É uma rica fonte de proteínas (23-25% em média), apresentando todos os aminoácidos essenciais, além de carboidratos (62% em média), vitaminas e minerais, possui uma grande quantidade de fibras dietéticas, baixa quantidade de gordura e não contém colesterol. Pelo seu alto valor nutritivo o feijão-caupi é cultivado principalmente para a produção de grãos secos ou verdes, visando seu consumo in natura. É também utilizado como forragem verde, feno, ensilagem, adubação verde e proteção do solo (EMBRAPA, 2003).

Dentre os principais fatores que afetam a produção do feijão-caupi no Brasil, encontram-se pragas e fitopatógenos, que prejudicam a qualidade e quantidade de sementes, sendo que os vírus e fungos agrupam o maior número de espécies nocivas a essa cultura (FERNANDES, 2005).

O feijão-caupi pode ser cultivado em quase todos os tipos de solo, desenvolvendo-se bem em solos com regular teor de matéria orgânica, soltos, leves e profundos, arejados e dotados de média e alta fertilidade (FREIRE et al., 2005, p.231)

Segundo a Campanha Nacional de Abastecimento (CONAB, 2018), a área cultivada com caupi em 2016/2017 foi em torno de 1409,3 mil ha, sendo as maiores áreas cultivadas nos estados de Bahia e Ceará. Neste mesmo período a produção nacional chegou a 713,3 mil toneladas com uma produtividade de 506 kg/ha.

O feijão-caupi é responsável pela geração de empregos, contribuindo para melhorar a vida do homem no campo, e pelo seu valor nutritivo, tornou-se o alimento básico para as populações rurais e urbanas, de renda mais baixa, da região Nordeste (FROTA et al., 2000, 26p.).

2.2 Origem e Introdução no Brasil

O feijão-caupi é considerada como uma planta nativa do continente Africano. Existem duas vertentes de possíveis locais de origem, a primeira seria o oeste da África, precisamente na Nigéria (STEELE; MEHRA, 1980 apud FREIRE FILHO et al., 2011). E a segunda seria a região de Transvaal, na República da África do Sul (PADULOSI; NG, 1997 apud FREIRE FILHO et al., 2011).

Gandavo (2008), em uma de suas obras diz que a introdução de feijão caupi no Brasil ocorreu no estado da Bahia, na segunda metade do século XVI, por meio dos colonizadores portugueses. Freire Filho (1988), afirma que o feijão-caupi foi introduzido na América Latina, no mesmo século, pelos colonizadores espanhóis e portugueses, inicialmente nas colônias espanholas e em seguida no Brasil, confirmando sua introdução pelo estado da Bahia. A partir da Bahia, o feijão-caupi teria sido levado para outras áreas da região nordeste e para outras regiões do país.

2.3 Botânica e Fenologia

2.3.1 Aspectos Taxonômicos

Segundo Oliveira (2008, 62p).

O feijão-caupi é uma espécie diplóide com $2n = 2x = 22$ cromossomos (Faris, 1964). É uma espécie autógama, que apresenta cleistogamia (a autopolinização ocorre antes da abertura da estrutura floral), reproduzindo-se preferencialmente por autofecundação, com a ocorrência de baixa taxa de cruzamento natural, geralmente abaixo de 1% (Ehlers & Hall, 1997).

De acordo com Freire Filho et al. (2005a, p. 31).

O feijão-caupi é uma Dicotiledônea, que pertence à ordem Fabales, família Fabaceae, subfamília Faboideae, tribo Phaseoleae, subtribo Phaseoleinae, gênero *Vigna*, subgênero *Vigna*, seção *Catiang*, espécie *Vigna*

unguiculada (L.) Walp. e subesp. *unguiculata* (Verdcourt, 1970; Marechal et al., 1978; Padulosi & Ng, 1997). O subgênero *Vigna* tem seis seções: *Catiang*, *Comosae*, *Liebrechtsia*, *Macrodontae*, *Reticulatae* e *Vigna*. A seção *Catiang* tem duas espécies, *Vigna unguiculata* (L.) Walp. e *Vigna nervosa* Markötter.

Segundo Vale, Bertini e Borem (2017, 267p.) os subgêneros dividem-se ainda em africanos (*Vigna*, *Haydonia*, *Plectotropis*), americanos (*Sigmoidotropis* e *Lasiopron*) e asiáticos (*Ceratotropis*), tomando como base a morfologia, hibridização e fitogeografia das espécies.

Os subgrupos *Unguiculata* e *Sesquipedalis*, conhecido como feijão-de-metro, são quase a totalidade das cultivares locais e melhoradas no Brasil (FREIRE FILHO et al., 2005a, 519p).

2.3.2 Aspectos Morfológicos

2.3.2.1 Morfologia vegetativa

O feijão-caupi é uma planta herbácea anual que apresenta variações na sua estatura, com raízes amplamente distribuídas no solo (SUMMERFIELD et al., 1974). Segundo Vale, Bertini e Borém (2017, 267p.) feijão caupi é classificado com hábitos de crescimento determinado e indeterminado arbustivo, indeterminado com ramificação ereta aberta, e trepador.

A germinação ocorre de 2 a 3 dias após a sementeira, em condições de 28°C e profundidade de 2 a 3 cm. Cinco dias após a germinação, ocorre a abscisão dos cotilédones, cujas reservas são translocadas para os órgão em formação (VALE; BERTINI; BOREM, 2017).

O sistema radicular é composta por quatro classes de raízes: principal; origina-se da radícula já presente no embrião; basais, emergem quatro ou cinco dias após a embebição da semente; laterais e adventícias (KHAN; STOFFELLA, 1987).

As raízes basais emergem na zona axial da parte inferior do hipocótilo, acima da interface raiz-parte aérea (VALE; BERTINI; BOREM, 2017). A partir delas surgem as raízes laterais, mais eficientes na absorção de água e nutrientes. Já as raízes adventícias surgem após 15 dias, com funções de sustentação e nutrição, principalmente na fixação biológica de nitrogênio, apresentando 20% dos nódulos (KAHN; STOFFELLA, 1991).

O caule pode chegar a quatro metros de comprimento, com formatos angular ou cilíndrico, pode ser ainda estriado, liso, possuir pelos e pigmentos de cor roxa (VALE; BERTINI; BOREM, 2017).

O feijão-caupi possui folhas compostas com três folíolos presos a uma haste (pecíolo). A folha é constituída por dois folíolos laterais assimétricos (opostos) e um folíolo terminal simétrico que apresenta pecíolo mais longo (VALE; BERTINI; BOREM, 2017). A forma da folha é usada para fazer a classificação taxonômica e para diferenciar genótipos de feijão-caupi, variando quanto à forma (linear, lanceolada a ovalada). O Instituto Internacional para a Agricultura Tropical (IITA) classifica as forma da folha do feijão-caupi em quatro categorias: subglobosa, sublanceolada, globosa e lanceolada (POTTORFF et al., 2012).

De acordo com Freire Filho et al. (2005) existem quatro principais portes: ereto, onde o ramo principal e os secundários são curtos, porém, o ramo principal é ereto, e o secundário forma um ângulo que pode variar de, reto a agudo. A partir do terço médio os ramos secundários tornam-se paralelos ao ramo principal; semiereto, ramos principal e secundário curtos a médio, o ramo principal é ereto com os ramos secundários formando um ângulo reto com principal, sem tocar o solo; semiprostrado, os ramos principais e secundários são médios, o principal é ereto, ramos secundários inferiores tocam o solo; prostrado, os ramos principais e secundários são longos, o ramo principal apresenta-se curvado, ramos secundários inferiores tocando o solo em toda extensão.

2.3.2.2 *Morfologia Reprodutiva*

Vale, Bertini e Borem (2017, 267p.) afirmam que o feijão-caupi multiplica-se, predominantemente, por autofecundação. A espécie apresenta baixa taxa de cruzamento natural, pode variar com o ambiente e genótipo. Os órgão de reprodução são protegidos pelas pétalas e ocorre protoginia (maturação do gineceu antes do androceu) e cleistogamia (polinização antes da abertura da flor), favorecendo a autogamia.

A inflorescência do feijão-caupi é formada a partir de um eixo central, que consiste de um racemo modificado, com presença de seis a oito pares de gemas florais; podem ser simples, com apenas uma inflorescência, ou composta, com mais de uma inflorescência. As flores do feijão-caupi são classificadas como perfeitas (pistilo e estame na mesma flor), zigomorfas (simetria bilateral) e estão distribuídas

aos pares no racemo, na extremidade do pedúnculo, região que antecede a flor ou o fruto, o qual se desenvolve a partir da axila da folha. O cálice é pentâmero (cinco sépalas), persistente e gamossépalo (sépalas unidas ou soldadas entre si), podendo variar de completamente verde a completamente roxo. A corola é pentâmera e dialipétala (pétalas livres entre si). A maior pétala é denominada de estandarte e está localizada na parte posterior da flor (VALE; BERTINI; BOREM, 2017, 267p.).

Durante a antese, o estandarte é a única pétala que se abre completamente, enquanto as demais permanecem na mesma posição que ocupavam anteriormente na gema. As duas pétalas laterais, denominadas asas, cobrem as pétalas inferiores. O estandarte e as asas podem variar de cor, de completamente branca a completamente roxa, bem como apresentam tipos com tons intermediários para as cores roxa e branca, com extremidades roxas. As duas pétalas inferiores são fundidas e formam a quilha, que é reta e de coloração branca (VALE; BERTINI; BOREM, 2017, 267p.).

O androceu apresenta-se incluso em relação à corola. É composto de dez estames, sendo um livre e nove unidos, diadelfos. A antera é basefixa (filete unido com a antera pela base), livre, com deiscência longitudinal. O gineceu apresenta o ovário multilocular. O estilete é piloso do lado interno e o estigma é oblíquo, ou seja, não reto em relação à base. A antese floral é gradual, com duração de 2 horas e 30 minutos a 6 horas e 30 minutos. Começa com a deiscência das anteras e continua a abertura completa do estandarte. O processo de abertura das anteras inicia-se por volta das 3h. A abertura das flores se inicia por volta das 5h30min e prolonga-se até as 9h30min. Em dias nublados, as flores abrem-se mais tarde, algumas podendo até mesmo permanecer fechadas (ROCHA, 2007).

De acordo com Vale, Bertini e Borem (2017, 267p.) o feijão-caupi possui fruto tipo vagem, que varia em cor, forma, comprimento e número de sementes que são distribuídas ao longo da vagem. A vagem pode ter formas reta cilíndrica, reta achatada, curva cilíndrica e curva achatada. Apresentam variações de cores no ponto de colheita, sendo amarela, rosada, roxa ou rajada e variando entre 10 a mais de 20 o número de sementes por vagem.

As sementes são constituídas pelo embrião e tegumento, o embrião é composta de radícula que formara a raiz; o caulículo que formara o caule; a plúmula ou epicótilo localizado no ápice do caulículo que dará origem as folhas e ramos. Os cotilédones são órgãos que armazenam as reservas que fornecem energia para o

crescimento do embrião durante a germinação da semente (POPINIGIS, 1997). Segundo Paiva et al. (2014, 261p.) as sementes de feijão-caupi possuem grande diversidade de cores. São classificados quanto a forma em: reniforme, globosa, ovoide e romboide. Em tamanho podem variar de 10 a 30g por 100 sementes e apresentar tegumento liso ou rugoso.

2.3.3 Aspectos Fenológicos

No feijão-caupi pode haver variação nos estádios fenológicos dependendo da cultivar ou do clima. Mas de forma geral existem duas fases bem definidas: vegetativa e reprodutiva. Para Campos et al. (2000), a fase vegetativa é composta de 10 estágios: Em V0 ocorre a sementeira, em V1 os cotilédones são emergidos na superfície do solo, em V2 apresentam folhas unifolioladas abertas com margens separadas, em V3 a primeira folha trifoliolada encontram-se com os folíolos separados e abertos, em V4 e V5 surgem a segunda e terceira folhas trifolioladas. No V6 podemos ver os primórdios dos ramos secundários nas axilas das folhas unifolioladas, podendo também ser observadas nas axilas das folhas trifolioladas. Em V7, V8 e V9 a primeira, segunda e terceira folha do ramo secundário estão abertas, finalizando a fase vegetativa.

Na fase reprodutiva observa-se cinco fases: R1 em que ocorre o surgimento dos primórdios do botão floral no ramo principal, R2 há a antese da primeira flor, oriundo do primeiro botão floral, ocorrendo abertura de botões florais por vários dias consecutivos. Ao terminar o florescimento as plantas atingem o estágio R3, em que ocorre o amadurecimento da primeira vagem, caracterizado pelo início da mudança da coloração das vagens. Em R4 as plantas atingem 50% da maturação das vagens. Quando completam 90% de maturidade concluem a fase R5 e encerram seu ciclo (CAMPOS et al., 2000).

Segundo Freire Filho et al. (2000) os genótipos são classificados em seis ciclos: superprecoce ou extraprecoce, aqueles que apresentam maturação em até 60 dias; ciclo precoce, com maturação entre 61 e 70 dias; ciclo médio, maturação entre 71 e 90 dias; ciclo médio-precoce, com maturação de 71 a 80 dias; ciclo médio-tardio, com maturação entre 81 e 90 dias e ciclo tardio com maturação acima de 90 dias.

2.4 Exigências Edafoclimáticas e Ecofisiologia

2.4.1 Disponibilidade hídrica

De acordo com Junior et al. (2002) o feijão-caupi é uma planta relativamente adaptada à seca. As alterações que a deficiência hídrica pode causar, podem ser irreversíveis, dependendo do genótipo, da duração, da severidade e do estágio de desenvolvimento da planta (SANTOS et al., 1998).

Freitas et al. (2013) constataram que as plantas de feijão-caupi submetidas ao estresse hídrico após o florescimento produziram menos sementes. Costa (1995) constatou que plantas que passam por estresse hídrico possuem maior desenvolvimento radicular.

As fases mais críticas à escassez de umidade do solo são os períodos de floração e de enchimento das vagens. Em moderada escassez de água, a planta reduz o seu ciclo, tornando-se mais precoce. Em severa deficiência hídrica as atividades reprodutivas da cultura são retardadas (VALE; BERTINI; BOREM, 2017).

O feijão-caupi evita a seca pela redução da área foliar e mudança na orientação dos folíolos reduzindo a interceptação da radiação solar no folíolo e na copa. (FREIRA FILHO et al., 2005, 519p.).

Segundo Freire Filho et al. (2005, 519p.) da germinação ao final da formação de vagens e granação, o feijão-caupi requer uma quantidade de água em torno de 650mm. A falta ou o excesso de água além de prejudicar o desenvolvimento da planta, afeta o processo de fixação biológica de nitrogênio.

O estresse hídrico desencadeia mudança na fisiologia das plantas, como um menor suprimento de CO₂ para a fotossíntese, resultado da menor taxa transpiratória que é resultante do maior fechamento estomático (ASHRAF e HARRIS, 2013). Segundo Araujo e Demenicis (2009) a extensão da desidratação, o estágio em que a planta se encontra e a irradiância são os três fatores importantes a serem levados em conta nas respostas fisiológicas ao déficit hídrico.

Pesquisas em busca de genótipos que apresentem elevada produtividade e estabilidade de produção devem ser associadas ao comportamento desses genótipos diante do estresse hídrico. Conforme Machado et al.(1996) a possibilidade de sucesso de um programa de melhoramento, visando desenvolver cultivares mais aptos as condições climáticas de deficiência hídrica, podem aumentar quando se conhecem as respostas fisiológicas das plantas a variação dos fatores ambientais.

2.4.2 *Temperatura, Luminosidade e Fotoperíodo*

O desenvolvimento do feijão-caupi ocorre em uma faixa de temperatura entre 20°C e 35°C. A faixa Ideal de temperatura para germinação é de 23°C a 32,5°C (ARAUJO et al., 1984).

De acordo com Oliveira e Carvalho (1988) quando a temperatura noturna é baixa, a data de floração do feijão-caupi é retardada e seu ciclo de crescimento é prolongado, podendo ocorrer a completa inibição do florescimento naquelas linhas mais sensíveis. Altas temperaturas durante o período de florescimento reduzem o pegamento floral e prejudicam a floração, enquanto baixas temperaturas prolongam o ciclo da planta. As plantas submetidas a temperaturas noturnas de 30°C apresentam baixa viabilidade dos grãos de pólen e anteras indeiscentes (FREIRE FILHO et al., 2005)

Elevadas temperaturas podem prejudicar o crescimento e desenvolvimento do feijão-caupi, influenciando também o abortamento de flores, o vrigamento e a retenção final de vagem, além de afetar o número de sementes por vagem (CRAUFURD et al., 1996). Contribuem ainda para o surgimento de diversas fitoenfermidades, principalmente aquelas associadas as altas umidades relativas do ar.

A quantidade de luz influencia no crescimento e desenvolvimento, além de alterar a quantidade de pigmentos foliares (SANTOS et al., 2011). O feijão-caupi apresenta uma alta interceptação da energia luminosa, sendo uma planta C₃ satura-se fotossinteticamente a intensidade de luz relativamente baixa, essa saturação no processo fotossintético, pode reduzir a taxa fotossintética e conseqüentemente a produtividade da cultura.

De acordo com Vale, Bertini e Borem (2017, 267p.) o fotoperíodo corresponde a resposta dos organismos as mudanças de luz e escuro em ciclos de 24 horas. A maioria dos cultivares é neutra ao fotoperiodismo. O comprimento do dia que determina a indução ao florescimento da planta estar entre 8 e 14 horas. A resposta ao fotoperíodo está relacionada com a temperatura, sendo assim, quando a temperatura está acima de um valor mínimo noturno, a resposta da planta ao comprimento do dia é dominante, já abaixo, a resposta da planta a temperatura é dominante.

2.4.3 CO₂

Segundo Vale, Bertini e Borem (2017, 267p.) a concentração de CO₂ afeta alguns processos como: metabolismo, transpiração e produção de biomassa. Atuando também, como um gás do efeito estufa, o CO₂ aumenta a temperatura terrestre influenciando na incidência e severidade de doenças. O aumento de CO₂ pode levar ainda a alterações na fisiologia e morfologia das plantas, podendo modificar a estrutura da parte aérea.

De acordo com Vale, Bertini e Borem (2017, 267p.) existe uma concentração mínima de CO₂ possível para se ter um bom desenvolvimento, para o feijão-caupi é considerado 400 de CO₂ em ambiente a 25°C, estima-se que 10% a 50% do total de carbono fixado na fotossíntese são perdidos no processo da fotorrespiração.

À medida que a disponibilidade de água no solo diminui, a taxa de transpiração das plantas decresce com o fechamento dos estômatos. Conseqüentemente, a disponibilidade de CO₂ atinge níveis extremamente reduzidos, assim a planta utiliza o CO₂ proveniente da respiração para manter um nível mínimo de taxa fotossintética (RAVEN et al., 2001).

2.4.4 Zoneamento Agroclimático

O zoneamento agroclimático permite definir regiões climáticas para o cultivo agrícola e época mais adequada para semeadura, com a intenção de diminuir risco de perdas de produção para os agricultores.

O MAPA divulga zoneamento agrícola de risco, que tem auxiliado na gestão de risco na agricultura e aos poucos vem sendo ampliada e utilizada em larga escala no país, sendo uma ferramenta técnica científica de auxílio na agricultura (MAPA, 2015).

Para o Ceará foi recomendado de acordo com o Zoneamento Agrícola de Risco Climático, Portaria nº 126, de 7 de agosto de 2017, solos do tipo bem desenvolvidos e pouco desenvolvidos, não são recomendados solos de preservação, solos com profundidade inferior a 50 cm ou pedregosos. Pode ser semeado em todos os meses do ano, podendo ser em sequeiro nos primeiros meses do ano ou irrigado nos outros meses, com as seguintes variedades recomendadas: Sempre Verde, BRS Novaera, BRS Pujante, BRS Guariba, BRS Cauamé, BRS Tumucumaque, Setentão,

BRS Marataoã, BRS Pajeu, Patativa, BR 17-Gurguéia, BRS Aracê, BRS Juruá, BRS Paraguaçu, BRS Potengi e BRS Xiquexique.

2.5 Pragas

As pragas do feijão-caupi ocorrem de acordo com a fenologia da planta (SILVA, 2016, p. 13 – 43). Segundo Silva, Carneiro e Quinderé (2005, p. 369 – 402) conhecer essa relação inseto e planta é importante para que o produtor possa fazer o acompanhamento do nível populacional de uma praga para fins de manejo.

Dependendo do local de ataque na planta, as pragas de feijão-caupi podem ser agrupados em: Pragas subterrâneas; Pragas da parte aérea: das folhas e órgão reprodutivos; Pragas dos grãos armazenados (SILVA; CARNEIRO; QUINDERÉ, 2005, p. 369 – 402) (Figura 1).

Figura 1. Esquema do ciclo fenológico do feijão-caupi com a ocorrência das principais pragas

Paquinha	Paquinha, Lagarta elasmó, Lagarta-rosca, Larvas de vaquinhas, Vaquinhas, Lagartas desfolhadoras, Cigarrinha, Pulgão, Mosca-branca, Minador-das-folhas	Vaquinhas, Pulgão, Lagartas desfolhadoras, Lagartas das vagens, Mosca-branca, Minador-das-folhas, Percevejo, Manhoso	Percevejos, Manhoso, Pragas dos grãos armazenados
0	Dia		55
5	35		80
Germinação	Florescimento		Maturação/colheita
	Fase vegetativa		Fase reprodutiva

Fonte: Freire Filho, 2005.

Segundo Silva (2016, p. 13 – 43) pragas subterrâneas são pragas que atacam sementes, raízes e o colo da planta. As de maior importância são: Paquinha; Broca-do-colo ou lagarta-elasmó; Lagarta-rosca e Larva-das-sementes.

As pragas da parte aérea são pragas que atacam as partes acima do colo da planta, como os ramos, folhas e órgãos reprodutivos como as flores, vagens e grãos (SILVA, 2016, p. 18). As principais pragas desfolhadoras são: Vaquinhas; Lagarta-do-cartucho-do-milho; Lagarta-dos-capinzais; Lagarta-preta-das-folhas e Minadora (SILVA; CARNEIRO; QUINDERÉ, 2005, p. 369 – 402). Segundo Silva (2016, p. 13-43), as principais pragas sugadoras das folhas são: Cigarrinha-verde; Pulgões; Mosca-branca e Minador-das-folhas.

As pragas dos órgãos reprodutivos atacam vagens, flores e grãos (SILVA; CARNEIRO; QUINDERÉ, 2005, p. 369 – 402). Podemos citar as principais: Tripes; Percevejos: Percevejo-vermelho, Percevejo-pequeno-da-soja, Percevejo-verde-da-soja; Lagartas das vagens: *Etiella zinckenella* e *Maruca testulalis*; Manhoso.

As principais pragas que atacam o feijão-caupi em armazenamento são: Traça e Caruncho-do-feijão-caupi, porém vem do campo, conhecido como infestação cruzada. A infestação se dar por meio de ovos, lavas ou adultos que com as vagens, grãos ou sacarias, chegam ao armazenamento (SILVA; CARNEIRO; QUINDERÉ, 2005, p. 369 – 402). Para eliminação desses insetos pragas realiza-se o Expurgo, com fosfina.

2.6 Recursos Genéticos Vegetais

O início da introdução de germoplasma no Brasil começou no século XVI. E a introdução com o objetivo de melhoramento genético ocorreu por volta de 1920 (FREIRE FILHO, 2011, 26 p.)

Na década de 60, no estado do Ceará iniciou-se coleta, avaliação e caracterização de germoplasma. A primeira viagem de coleta de germoplasma de feijão-caupi foi realizada em 1963 por José Braga Paiva, professor da Universidade Federal do Ceará. A partir daí foram feitas outras introduções e algumas coleções foram formadas como na Universidade Federal do Ceará, Instituto de Pesquisa e Experimentação Agropecuárias do nordeste, da Escola de Agronomia de Cruz das Almas e da Universidade de Viçosa (FREIRE FILHO, 2011, 26 p.).

Com a criação da Embrapa os acervos dessa coleção foram reunidos no Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (CNPAP). Durante as décadas de 70 e 80 o CNPAF realizou coletas em praticamente todos os estados. Todo material coletado no Brasil se encontra no Centro Nacional de Recursos Genéticos e Biotecnologia que foi criado em 1974 com o objetivo de guardar os recursos genéticos (FREIRE FILHO, 2005, 519 p.). A Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia vem desenvolvendo atividades de intercâmbio, quarentena, coleta, conservação, caracterização, avaliação, documentação, informação e uso de germoplasma.

Para auxiliar nas atividades relacionadas ao manejo, conservação e uso dos germoplasmas, foi criado o Sistema de Curadoria de Germoplasma com finalidade de sistematizar e desempenhar atividades de enriquecimento da variabilidade genética, à conservação e ao uso do germoplasma. Sob a supervisão dos curadores de

germoplasma que são auxiliados pelos Ad Hoc, profissionais qualificados nos mais diversos produtos, em todo o país, que podem assessorar em questões específicas (FREIRE FILHO, 2005, 519 p.).

As atribuições dos curadores e adjuntos são: promover, acionar e acompanhar as atividades relativas a introdução, intercâmbio, quarentena, coleta, caracterização, avaliação, conservação ex situ, regeneração e multiplicação de germoplasma. Além de coletar e manter informações sobre a disponibilidade do germoplasma da sua curadoria, identificar e codificar acessos, atualizar e manter inventários de germoplasma, elaborar manuais de descritores e catálogos, assessorar o processo de fundação, organização e manejo de bancos ativos de germoplasma, apoiar e manter ativo intercâmbio técnico com os curadores dos bancos de germoplasma (FREIRE FILHO, 2005, 519 p.).

De acordo com Freire Filho (2011, 84 p.) existem 4 tipos de coleções ativas de germoplasma: Coleção de base de âmbito internacional, geralmente localizado em um instituto internacional de pesquisa, no caso do feijão-caupi estar localizado no Internacional Institute of Tropical Agricultura (IITA) que contém em torno de 15200 acessos da espécie cultivada; Coleção de base de âmbito nacional, pertence a uma instituição nacional de pesquisa, a coleção de base de feijão-caupi no Brasil está localizada no Centro Nacional de Recursos Genéticos e Biotecnologia (CENARGEN), em Brasília, contém cerca de 4000 acessos; Coleção ativa, atende a necessidade de instituições que a detém, no caso do feijão-caupi, há duas coleções ativas de germoplasma uma na Embrapa Meio-Norte com aproximadamente 3500 acessos e outra, no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, atualmente com mais de 1000 acessos e por fim, a Coleção de trabalho, constitui o material genético manuseado dia-a-dia pelo melhorista. Todo programa de melhoramento tem sua coleção de trabalho.

Segundo relatado por Freire Filho et al. (2005, 529 p.) foi em 1977 que o feijão-caupi foi incorporado ao Programa Nacional de Pesquisa de Feijão da Embrapa. Durante o desenvolvimento do programa de pesquisa o Banco Ativo de Germoplasma de Arroz e Feijão passou a ser chamado de Banco Ativo de Germoplasma de Arroz, Feijão-comum e Feijão-caupi, mantendo as três coleções ativas. Em 1991 o Programa de Feijão-caupi foi separado no Programa Nacional de Pesquisa em Feijão e passou para o Centro de Pesquisa Agropecuária do Meio-Norte.

O Banco Ativo de Germoplasma (BAG) é uma unidade com infraestrutura apropriada a conservação de uma coleção ativa. É usada para fins exclusivos de pesquisa, com facilidade para introdução, multiplicação, regeneração, caracterização, avaliação, documentação e distribuição de acessos. Em Freire Filho et al. (2005, 519 p.) acesso é definido como um amostra de germoplasma representativa de um indivíduo ou de vários indivíduos de uma população.

A conservação do germoplasma é feita em câmara de ambiente controlado com temperatura de 12°C e 25°C de umidade relativa. A baixa temperatura se dar através de um equipamento de refrigeração com forçadores de ar e controle por termostato. A redução da umidade se dá por uso de desumidificadores, com controle por umidistatos. As paredes recebem isolamento térmico através de duplas parede de alvenaria e camadas de isopor (FREIRE FILHO et al., 2005, 519 p.).

Os acessos chegam a coleção em pequenas quantidades, então há a necessidade de multiplicação para obter maior quantidade, e sementes de alta qualidade, para atender a coleção de base. Quando esses acessos perdem a viabilidade, e correm risco de perdas é necessário a regeneração dos acessos. Durante o processo de multiplicação e regeneração, são feitas a caracterização, que é a descrição e o registro de características morfológicas, citogenéticas, bioquímicas e moleculares, e a avaliação, que são registro de características influenciáveis por fatores bióticos e abióticos (FREIRE FILHO et al., 2005, 519 p.).

A Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnológicos mantém um Banco de Germoplasma para conservação a longo prazo, denominado Coleção de Base. Essa coleção é armazenada em câmaras especiais com temperaturas a -20°C e umidade relativa de 5% a 7% embaladas em sacos de aluminizados, herméticos (FREIRE FILHO, 2005, 519 p.).

Na documentação de cada acesso constam: procedência, nome da espécie, gênero, denominação da amostra e código de acesso. O armazenamento de cada acesso gera algumas atividade: Inspeção visual, limpeza da amostra, secagem, teste de umidade, número de sementes, teste de germinação, teste de sanidade, acondicionamento dos acessos, conservação, monitoramento, regeneração ou multiplicação e documentação (FREIRE FILHO et al., 2005, 519 p.).

2.7 Banco de Germoplasma da Universidade Federal do Ceará (UFC)

2.7.1 Referencial Histórico

As pesquisas com feijão-caupi no Ceará foram iniciadas em 1963 pelo professor José Braga Paiva. O trabalho iniciou com a coleta e introdução de germoplasma e a abertura de um livro para registro dos acessos. A partir disso o Departamento de Fitotecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, formou uma Coleção de Germoplasma de feijão-caupi, com cerca de 909 acessos registrados, obtidos de diferentes países (Livro de registro, 1963).

Em 1966, o trabalho com feijão-caupi firma convenio com a Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) para ampliar a pesquisa. Após esse convenio foi lançado o primeiro cultivar melhorada de feijão-caupi no Brasil, denominado Seridó e em seguida o Pitiúba. (Relatório Técnico, 1968; Relatório Técnico, 1971).

Em 1976, o convenio passou a ser denominado Programa de Pesquisa com a Cultura do Feijoeiro. 1978 foi lançada a cultivar CE-315, a qual foi disseminada nos perímetros irrigados do Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS) no Ceará e Piauí (PAIVA, 2014, 261 p.).

No final de 1988 o Centro de Ciências Agrárias, por meio do Departamento de Fitotecnia, lançou o cultivar Setentão, em homenagem aos 70 anos de Fundação da Escola de Agronomia da Universidade Federal do Ceará (PAIVA, 1990) e em 1989 foi lançado a cultivar João Paulo II. Em torno de 50 anos de pesquisa feita com o feijão-caupi, muitos trabalhos foram realizados graças a iniciativa do Professor José Paiva, muitas pesquisas ainda continuam sendo feitas e vários trabalhos publicados.

A coleção de germoplasma de feijão-caupi Escola de Agronomia da Universidade Federal do Ceará (UFC) foi formada a partir de coletas no estado do Ceará, e doações recebidas de outras instituições brasileiras e do exterior (PAIVA et al., 2014).

2.7.2 Coleção de Germoplasma do caupi da UFC

A coleção de germoplasma é renovada e caracterizada periodicamente, os acessos são semeados em fileira de 5,0 a 10,0 m de comprimento linear, com o espaçamento em torno de 2,0 m entre fileira e 1,0 m entre plantas dentro da fileira (PAIVA et al., 2014).

Para caracterização morfoagronômica são utilizados descritores que sofrem pouca influência ambiental e que tem importância agronômica (PAIVA et al., 2014). As informações colocadas nos registros e os descritores empregados e avaliados por Paiva et al. (2014) são: Código de registro: é composta pela abreviatura da palavra Ceará (CE) seguido de um número que segue a ordem de registro do acesso no Livro de Registros; Dados registrados: nome comum ou código de acesso na instituição de origem, procedência, país de origem, ano de introdução, espécie e classificação genética do acesso, que corresponde ao tipo de material genético do acesso (se cultivar, ou linhagem, se local ou melhorada) e a procedência (brasileira ou estrangeira), sendo classificadas da seguinte maneira:

- Cultivar crioula brasileira (CCB);
- Seleção dentro da cultivar crioula brasileira (SDCCB);
- Cultivar melhorada brasileira (CMB);
- Linhagem brasileira (LB);
- Cultivar crioula estrangeira (CCE);
- Cultivar melhorada estrangeira (CME);
- Linhagem estrangeira (LE).

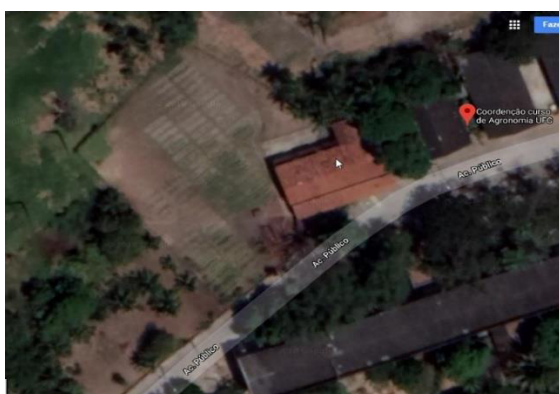
Diante de todos os estudos feitos com o feijão caupi, conhecer esses acessos, suas características e seu manejo, são de grande importância para nossa agricultura. Os compradores e produtores estão em busca de cultivares que tenha uma alta produtividade e uso eficiente da água já que esse recurso tem sido um fator limitante de produção, uma vez que, tanto a agricultura familiar quanto o agronegócio tem sofrido com a escassez de água. Conhecer o potencial produtivo desses acessos que são usados e conhecidos em nossa região será um fortalecimento para o aumento da produção desta cultura e destes cultivares.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização do Experimento

O experimento foi realizado no campo experimental do BAG da Universidade Federal do Ceará, pertencente ao Departamento de Fitotecnia, do Centro de Ciências Agrárias, no período de Fevereiro a Junho de 2018, com altitude de 47 m, latitude Sul 3° 44' 27,1" e longitude Oeste 38° 34' 39" (Figura 2). A temperatura média da área nesse intervalo foi de 26°C.

Figura 2: Imagem de satélite da área de multiplicação do Banco Ativo de Germoplasma



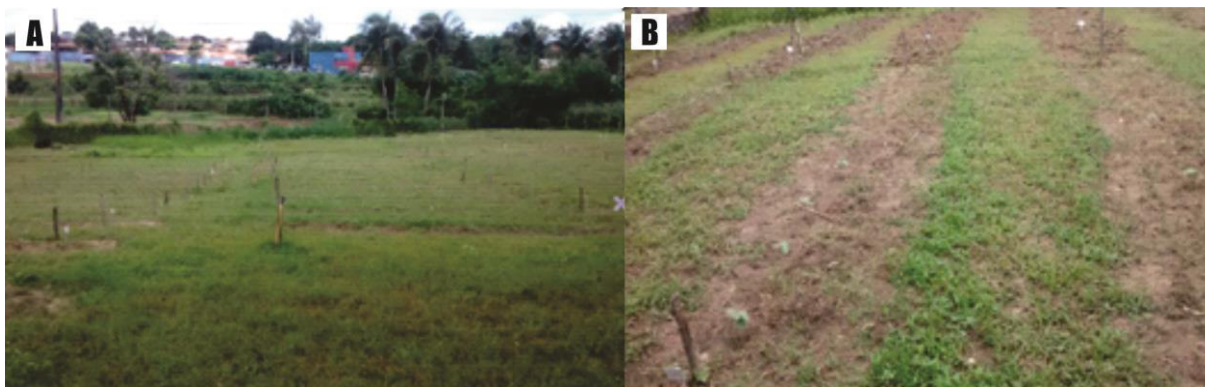
Fonte: Elaborado pela autora. Google maps.

3.2 Condução do experimento

Foram introduzidos sete acessos: Santo Inácio, originário de Parambu - CE; Pingo de Ouro 1,2, Chico Eloy; BRS Itaim; BRS Novaera, originários da Embrapa Meio-Norte; BRS Acauã, originário de Petrolina – PE, e BRS Milênio, originário de Bragançanga-PA. Os acessos quando introduzidos no BAG recebem um código de acesso com as iniciais CE (Ceará) e uma numeração seguindo a ordem já existente, os acessos BRS Ataim, BRS Novaera, BRS Acauã e BRS Milênio já foram introduzidos e receberam os códigos CE1015, CE1016, CE1017, CE1018 respectivamente. Já os genótipos Pingo de Ouro 1,2, Santo Inácio e Chico Eloy estão sendo introduzidos e recebendo os códigos CE1019, CE1020 e CE1021 respectivamente.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 7x2 (para as variáveis fisiológicas), referentes a 7 acessos de feijão-caupi e 2 épocas de coletas (fases de desenvolvimento vegetativa e reprodutiva). As plantas foram espaçadas em 2,0 m entre linhas e 0,5 m entre plantas, cada linha continha 10 plantas do mesmo acesso (Figura 3).

Figura 3: Área de multiplicação de feijão-caupi. **(A)** Distribuição das fileiras na área; **(B)** Distribuição das plantas nas linhas.



Fonte: Elaborado pela autora.

Os acessos foram semeados em cova com 3 sementes/cova, após 8 dias foi realizado um novo semeio dos acessos que não germinaram. Aos 15 dias após semeadura foi feito o desbaste e também o transplante de mudas nas linhas em que observou a não germinação dos acessos. O Experimento foi conduzido em sequeiro, foi realizada adubação com NPK, o controle de insetos foi realizado com inseticidas recomendados e foram feitas capinas regularmente de acordo com a necessidade.

Após o desenvolvimento das plantas foram realizadas avaliações conforme os descritores morfoagronômicos usado na caracterização no Banco de Germoplasma da UFC (PAIVA et al., 2014):

Floração inicial (FI): número de dias entre a semeadura e quando 10% das plantas da fileira estão abertas. Extraprecoce (< 30 dias); Precoce (de 30 a 40 dias); Médio (de 41 a 50 dias); Tardio (de 51 a 60 dias) e Extratardio (> 60 dias). Ciclo: número de dias da semeadura a maturidade de colheita. Extraprecoce (< 60 dias); Precoce (de 61 a 70 dias); Médio (de 71 a 80 dias); Tardio (de 81 a 90 dias) e Extratardio (> 90 dias). Cor da flor: cor predominante da flor. Asa e estandarte sem pigmentação (Br: branca); Asa com pigmentação, estandarte com pigmentação clara em forma de V do centro ao topo (Vic: violeta clara) e Asa e estandarte completamente pigmentados (Vi: violeta).

Porte da planta: tipo de porte que apresenta. Eretro (Er): ramos principais e laterais curtos, com ramos laterais paralelos ou formando um ângulo agudo com o ramo principal; Semiramador (Ser): ramos principais e laterais de tamanho médio, com os ramos laterais aproximadamente perpendiculares ao ramo principal, sem tocar o solo; Semiprostrado (Spr): ramos principais e laterais de tamanho médio a longo,

com os ramos laterais, a partir do terço médio, tocando o solo; Prostrado (Pr): ramos principais de tamanho curto a longo e laterais de tamanho médio a longo, com os ramos laterais inferiores tocando quase que totalmente o solo.

Posição das vagens: tipo de distribuição das vagens em relação a copa. Acima da folhagem (Af); No nível da folhagem (Nf) e Em todas as camadas da folhagem (Df). Cor da vagem: cor predominante da vagem no ponto de colheita. Amarela (Am); Rosada (Rs); Roxa (Rx) e Rajada (Rj). Forma da vagem: forma das vagens do acesso no ponto de colheita. Reta cilíndrica (Rc); Reta achatada (Ra); Curva cilíndrica (Cc) e Curva achatada (Ca). Comprimento da vagem: baseado na média de 10 vagens secas. Extrapequena (< 10 cm); Pequena (de 10,1 a 15 cm); Média (de 15,1 a 25 cm); Médio-pequena (de 15,1 a 20 cm); Médio-grande (de 20,1 a 25 cm); Grande (de 25,1 a 30 cm); Extragrande (> 30 cm).

Número de sementes por vagem: baseada em uma amostra de 10 vagens. Pequeno (10 sementes); Médio (de 10 a 20 sementes); Médio-pequeno (de 10 a 15 sementes); Médio-grande (de 16 a 20 sementes); Grande (> 20 sementes). Textura do tegumento: Liso ou Rugoso. Forma da semente: Reniforme (Re); Globosa (Gb); Ovoide (Ov) e Rombóide (Rb).

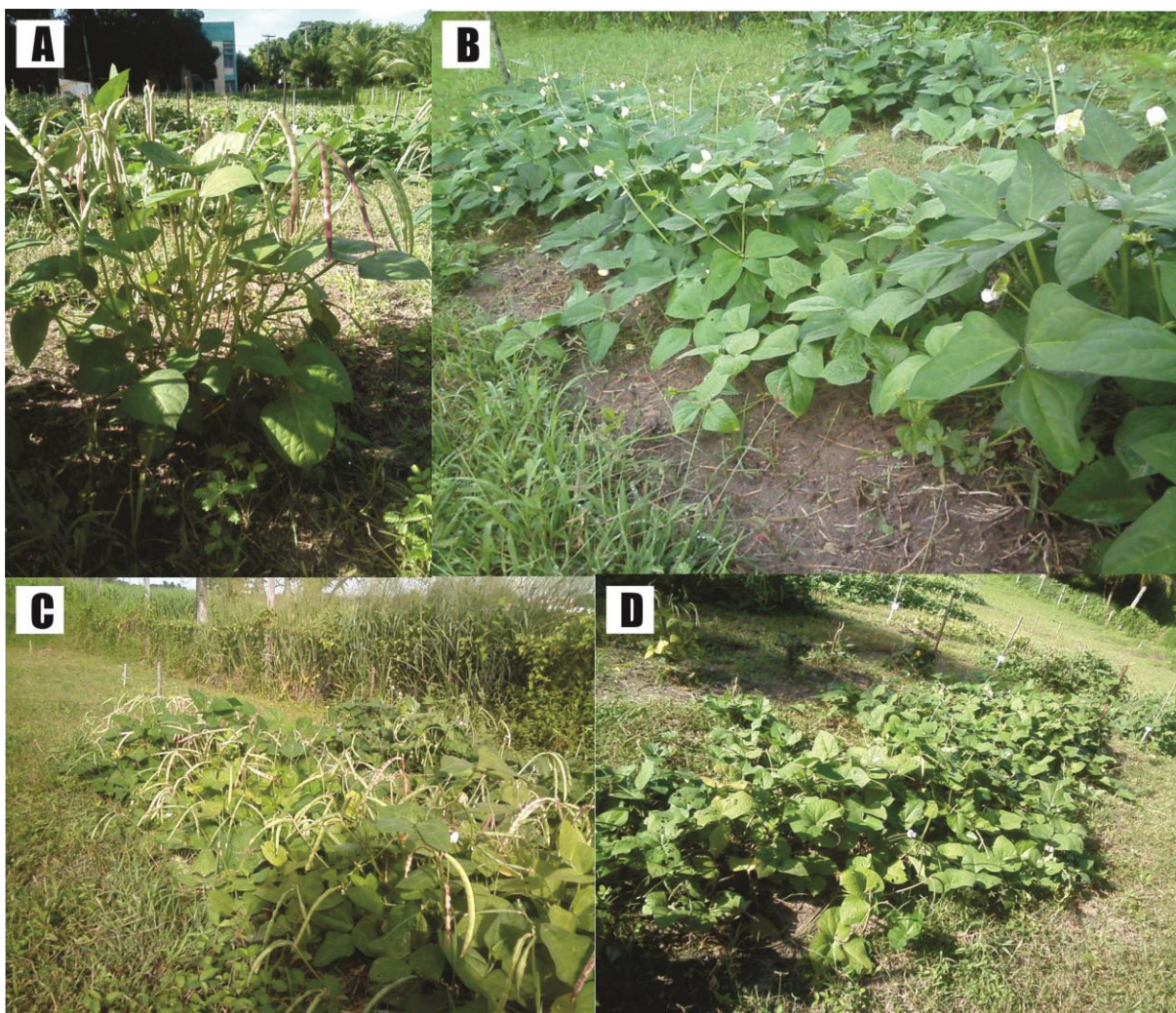
Tamanho da semente: estimado a partir de uma amostra de 100 sementes. Extrapequena (< 10g por 100 sementes); Pequena (de 10,1 a 15g por 100 sementes); Média (de 15,1 a 25g por 100 sementes); Médio-pequena (de 15,1 a 20g por 100 sementes); Médio-grande (de 20,1 a 25g por 100 sementes); Grande (de 25,1 a 30g por 100 sementes); Extragrande (> 30g por 100 sementes).

Cor da sementes: cor da sementes seca do acesso. Branca (Br); Branca com halo marrom (Brhama); Branca com halo mosqueado marrom (Brhamoma); Branca com halo mosqueado roxo (Brhamorx); Branca com halo preto (Brhapr); Branca com halo roxo (Brharx); Branca com halo vinagre (Brhavn); Branca marrom (Brma); Branca mosqueado marrom (Brmoma); Branca mosqueada roxa (Brmorx); Branca e preta (Brpr); Branca e roxa (Brrx); Branca e vinagre (Brvn); Creme (Cr); Esverdeada (Ev) (Tipo sempre verde); Verde (Ve); Marrom (Ma); Mosqueado marrom (Moma); Mosqueada roxa (Morx); Rajada marrom (Rjma); Rajada vinagre (Rjvn); Roxa (Rx); Vinagre (Vn) e Preta (Pr).

Após caracterizações, foi realizada um processo de seleção de sementes, onde são retiradas todas as sementes com danos ocasionados por insetos, ou doenças, sementes fora do padrão, sendo selecionado sementes em estado físico e

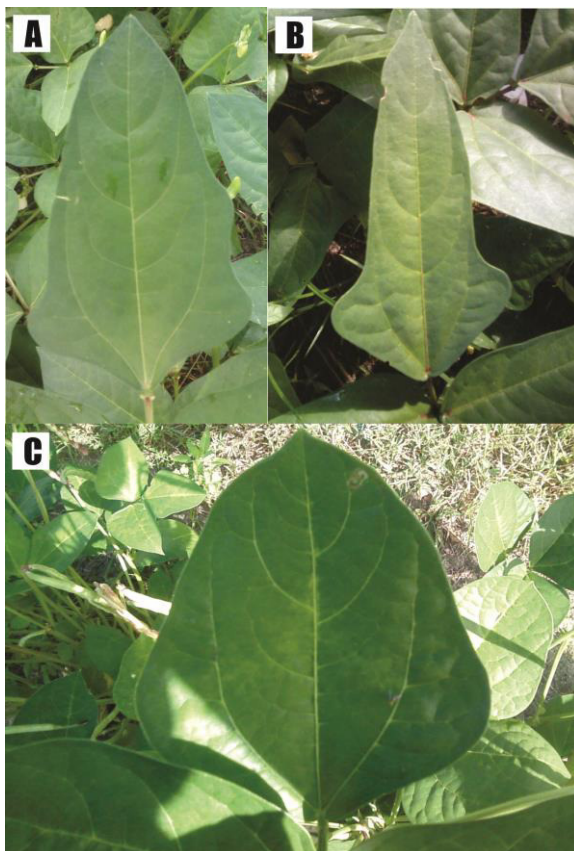
sanitário para ser introduzido ou regenerado no BAG. Após seleção é feito uma pesagem (para saber a quantidade de sementes que será acondicionada). Em seguida é realizado o expurgado com fosfina por um período de 72h e então os acessos estão disponíveis para armazenamento em ambiente de câmara fria, em temperatura variando de 9°-10°C e umidade relativa em torno de 45%.

Figura 4: Arquitetura do feijão-caupi, tipos de porte: **(A)** Ereto; **(B)** Semiereto; **(C)** Semiprostrado e **(D)** Prostra.



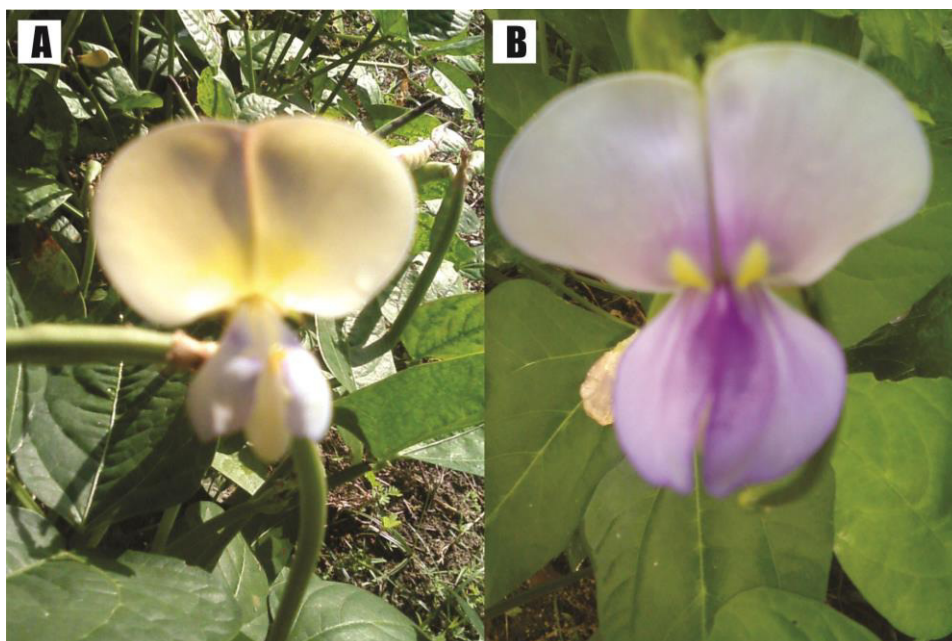
Fonte: Elaborada pela autora.

Figura 5: Descritores baseado na forma do folíolo central. **(A)** Semilanceolada; **(B)** Lanceolada e **(C)** Semiovalada.



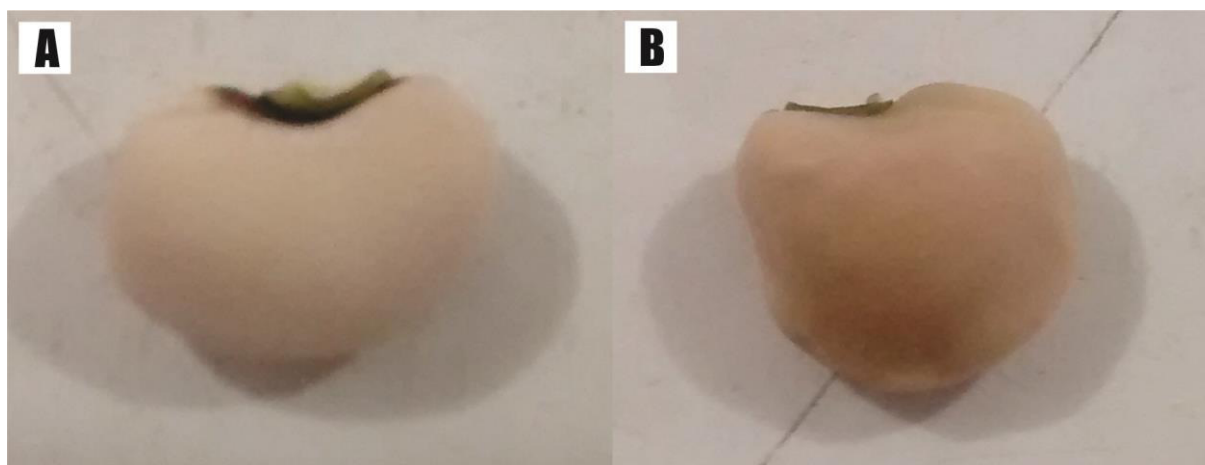
Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 6: Descritores baseado na cor da flor. **(A)** Branca e **(B)** Violeta clara.



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 7: Descritores baseado na forma da semente. **(A)** Reniforme e **(B)** Romboide.



Fonte: Elaborado pela autora.

Foi realizada avaliação fisiológica, para avaliar as respostas das plantas em diferentes estádios fenológicos. Essas avaliações ocorreram, durante a fase vegetativa e a fase reprodutiva. As variáveis analisadas foram: taxa de assimilação fotossintética líquida por unidade de área (A), condutância estomática (g_s), taxa de transpiração (E), razão entre concentração interna e externa de CO_2 (C_i/C_a), eficiência do uso da água (EUA) e eficiência instantânea de carboxilação (EiC). Essas variáveis foram determinadas por analisador de gás por infravermelho (IRGA; modelo portátil LI-6400XT, LI-COR Biosciences Inc., Lincon, Nebraska, USA). As avaliações fisiológica foram realizadas em três plantas por acesso, padronizando a terceira folha expandida. Essas análises foram realizadas no período da manhã, utilizando radiação fotossinteticamente ativa (PAR) constante ($1200 \mu\text{mol f\u00f3tons m}^{-2} \text{s}^{-1}$), concentração constante de CO_2 (400ppm), temperatura e umidade ambiente.

Os dados qualitativos das variáveis analisadas foram submetidos à análise de variância e posteriormente, quando significativos pelo teste F, submetidos ao teste de médias de Tukey com $P < 0,05$. Para as análises estatísticas utilizou-se o programa computacional "ASSISTAT 7.6 BETA".

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Características Morfoagronômicas

A caracterização morfoagronômica realizada para os sete genótipos, mostra a presença dos quatro tipos de portes: ereto, semiereto, semiprostrado e prostrado. Os genótipos de porte ereto e semiereto são os mais indicados para uma colheita mecanizada, neste caso os genótipos CE1015 e CE1016 seriam recomendados. Avaliando a forma do folíolo central, observou-se que 2 acessos apresentam forma semiovalada, 2 semilanceolada e 3 forma lanceolada (Tabela 1).

Quanto ao caractere floração inicial, os genótipos se dividiram em dois grupos, um referente a floração inferior e outro superior a 40 dias após semeadura (DAS). Os genótipos CE1015, CE1016, CE1017 e CE1019 foram os mais precoces, apresentando floração com menos de 40 DAS (Tabela 1). Quanto a cor da flor apenas os genótipos CE1016 e CE1018 apresentaram flor totalmente branca (Tabela 1), essa característica é útil para diferenciar um genótipo de outro e pode ser expressa em qualquer ambiente (CAMINHA et al., 2015). De uma forma geral, os acessos variaram de ciclo precoce a médio, pois o número de dias decorridos da semeadura à maturidade de colheita foi inferior a 75 DAS (Tabela 1).

Tabela 1: Classificação de sete variedades de feijão-caupi para diferentes caracteres morfológicos.

Observações Botânicas						
Acessos	Nome de origem	Porte	Forma			
			folíolo central	Floração Inicial	Cor da flor	Ciclo
CE1015	BRS Itaim	Er	SO	P	Vic	P
CE1016	BRS Novaera	Ser	SL	P	Br	P
CE1017	BRS Acauã	Spr	L	P	Vic	P
CE1018	BRS Milenio	Pr	L	M	Br	M
CE1019	Pingo de Ouro 1,2	Pr	SL	P	Vic	P
CE1020	Santo Inacio	Pr	SO	M	Vic	M
CE1021	Chico Eloy	Spr	L	M	Vic	P

Siglas: Ereto (Er), semiereto (Ser), semiprostrado (Spr), prostrado (Pr), semiovalada (SO), semilanceolada (SL), lanceolada (L), precoce (P), médio (M), branca (Br), violeta clara (Vic).

Quanto a presença de antocianina na planta, todos os acessos apresentaram antocianina em pelo menos uma parte da planta (Tabela 2). O conteúdo

de antocianinas totais em feijões pode variar consideravelmente entre os diferentes genótipos e entre as diferentes partes da planta de um mesmo genótipo. Este conteúdo pode ser afetado pela genética, pela luminosidade, temperatura e características agronômicas (LANDIM et al., 2013). A antocianina pode atuar em variadas funções como: antioxidante, proteção a ação da luz, atuando como filtro e melhorando e regulando a fotossíntese, mecanismo de defesa e função biológica, as cores vivas são importantes na atração de polinizadores de sementes (LOPES et al., 2007).

Tabela 2: Presença de antocianina nos acessos.

Presença de Antocianina na Planta									
Acessos	F	Pec	Bp	Ped	Bped	Invg	Cal	Ram	Cau
CE1015	x	x	x	x	x	x	x	x	-
CE1016	x	x	x	x	x	-	-	x	-
CE1017	-	-	-	-	x	-	-	x	-
CE1018	x	-	x	-	x	x	-	x	-
CE1019	-	-	-	-	x	-	-	x	-
CE1020	x	-	x	-	x	-	-	x	x
CE1021	x	-	x	-	x	x	-	x	-

Siglas: Folha (F), pecíolo (Pec), base do pecíolo (Bp), pedúnculo (Ped), base do pedúnculo (Bped), invaginação (Invg), cálice (Cal), ramo (Ram) e caule (Cau).

Para o comprimento da vagem, de uma forma geral, os genótipos apresentaram tamanho médio, variando de 15,1 cm a 25 cm, de acordo com os descritores de Paiva et al. (2014) (Tabela 3). Os acessos CE1015, CE1016 e CE1018 apresentaram comprimento inferior a 20 cm e os demais acessos superiores. O número de vagens por planta é uma característica que pode ser usada como critério de seleção para maior produtividade de grãos em feijão-caupi (Souza et al., 2007). Houve uma variedade na coloração da vagem, onde o acesso CE1018 se destacou por ser o único de coloração roxa. As vagens apresentaram formas variadas, retas, curvas, cilíndricas e achatadas.

Tabela 3: Caracterização e classificação agronômica da vagem.

Observações Agronômicas						
Acessos	CV	FV	PV	CV	NTV	NVP
CE1015	Amarelo	Rc	Nf	Mp	358	40
CE1016	Amarelo	Cc	Af	Mp	699	70
CE1017	Rosado	Ca	Af	Mp	711	71
CE1018	Roxo	Rc	Af	Mp	457	57
CE1019	Rosado	Cc	Af	Mg	339	32
CE1020	Rajado	Rc	Nf	Mp	376	42
CE1021	Rajado	Rc	Af	Mp	319	34

Siglas: Cor vagem (CV), amarela (Am), rosado (Rs), roxo (Rx), rajado (Rj), forma vagem (FV), reta cilíndrica (Rc), curva cilíndrica (Cc), curva achatada (Ca), posição da vagem (PV), Acima da folhagem (Af), no nível da folhagem (Nf), comprimento vagem (CV), médio-pequena (Mp), médio-grande (Mg), número total de vagens (NTV), número de vagens por planta (NVP).

Os acessos que mais se destacaram em relação a produção de vagens foram os acessos CE1016 e CE10117, produzindo a maior quantidade de vagens (Tabela 3). Apesar de serem importantes componentes do rendimento, o número de vagens por planta e o número de grãos por vagem são instáveis, possuindo limitada variabilidade genética, podendo afirmar que essa característica é um dos componentes de rendimento mais afetados pelas mudanças ambientais (LOPES et al., 2001).

Para colheita mecanizada o ideal seria que as vagens estivessem posicionadas acima da folhagem, o que reforça a escolha do genótipo CE1016, já que nos outros, as vagens encontravam-se posicionadas no nível da folhagem (Tabela 3).

No que diz respeito ao número de sementes por vagem, o acesso CE1021 apresentou o maior número de sementes e o acesso CE1015 apresentou o menor. Com o número de sementes variando entre 9 e 18. Os outros acessos ficaram em uma mesma média de 14 sementes por vagem (Tabela 4). Para colheitas mecanizadas e semimecanizadas são preferidos vagens pequenas e com menor número de grãos, pois são mais leves, permitindo melhor sustentação e reduzindo dobramento, quebra do pedúnculo e perdas (BENVINDO, 2007, 69 p.). Os genótipos mais indicados para essa condição seriam o CE1015, CE1016 e CE1018.

Tabela 4: Caracterização e classificação da semente.

						Observações Agronômicas	
Acessos	CS	Text.	For.	TS	NSV	Produção	Produção
						total (g)	(g/planta)
CE1015	Brhapr	Rg	Rn	Mg	9	480	53,33
CE1016	Br	Rg	Rn	Mg	10	750	75
CE1017	Ma	Ls	Rb	Mp	16	1215	121,5
CE1018	Br	Rg	Rn	Mp	10	765	95,62
CE1019	Cr	Ls	Ov	Mg	16	961	96,1
CE1020	Ma	Ls	Rb	Mg	17	965	107,22
CE1021	Cr	Ls	Rb	Mp	18	750	75

Siglas: Cor da sementes (CS), branca com halo preto (Brhapr), branca (Br), marrom (Ma), creme (Cr), textura (Text), lisa (Ls), rugosa (Rg), forma (For), reniforme (Rn), romboide (Rb), ovoide (Ov), tamanho da sementes (TM), médio-pequeno (Mp), médio-grande (Mg).

As sementes apresentaram cor variada, não houve grãos de coloração escura, a textura da semente variou entre lisa e rugosa. Em relação a forma da semente, apenas o genótipo CE1019 apresenta forma ovoide, os acessos CE1015, CE1016 e CE1018 são reniformes e os acessos CE1017, CE1020 e CE1021 são romboides. (Tabela 4). Os grãos são considerados de tamanho médio variando de 15,1g a 25g baseado no peso de 100 sementes.

O genótipo CE1017 apresentou maior produção total, possivelmente por sua boa capacidade fotossintética e maior condutância estomática. Em seguida veio o CE1020, enquanto que o genótipo CE1015 apresentou a menor produção total (Tabela 4).

A produção do feijão-caupi sofre influencias de inúmeros fatores dentre eles o manejo e características fisiológicas, como assimilação de CO₂, transpiração, eficiência do uso da água. Porém essas fatores não seguem um padrão, podendo variar de acordo com genótipo e as condições climáticas.

4.2 Caracterização Fisiológica

Na tabela 5, observa-se que para a variável fotossíntese (A), apenas os fatores isolados influenciaram significativamente ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de Tukey. Já para variável Ci/Ca, verifica-se que apenas a interação entre

genótipo e fase de desenvolvimento sofreram influência. Para a variável condutância estomática (g_s), nota-se que as plantas não apresentaram diferenças estatísticas significativas em nenhuma das fontes de variação. Para a transpiração (E), eficiência do uso da água (EUA) e eficiência instantânea de carboxilação (EiC), tanto os fatores isolados quanto a interação apresentaram significância.

Tabela 5. Análise de variância para as variáveis Fotossíntese, condutância estomática, transpiração, razão entre concentração interna e externa de CO_2 , Eficiência do uso da água e Eficiência instantânea de carboxilação dos acessos nos diferentes estádios fenológicos.

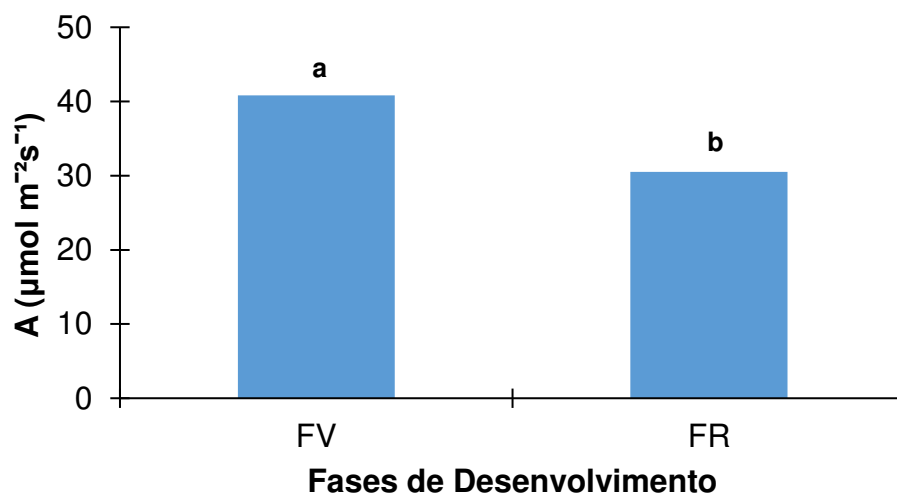
Fontes de Variação	Quadrado Médio					
	A	g_s	E	Ci/Ca	EUA	EiC
Genótipo (G)	74,85**	0,45 ns	6,63**	0,05 ns	1,09**	0,004*
Estádio (E)	1039,00**	1,31 ns	6,89**	0,01 ns	32,47**	0,025**
Int. G x E	15,44 ns	0,47 ns	4,73**	0,06*	2,31**	0,004*
Resíduo	12,4	0,77	0,44	0,02	0,25	0,001
Média Geral	35,82	0,62	7,75	0,67	4,76	0,15
CV (%)	9,85	42,43	8,61	22,83	10,58	24,41

Siglas: Fotossíntese (A), condutância estomática (g_s), transpiração (E), razão entre concentração interna e externa de CO_2 (Ci/Ca), eficiência do uso da água (EUA) e Eficiência instantânea de carboxilação (EiC).

A verificação das trocas gasosas é uma importante ferramenta na determinação de adaptações e estabilidade de plantas, isto porque a redução no crescimento e a diminuição na produtividade das plantas está diretamente relacionada com a redução na atividade fotossintética, e esta por sua vez está relacionada com fatores abióticos intrínsecos ao local de cultivo (PAIVA et al., 2005).

Observa-se que na variável fotossíntese o fator fase de desenvolvimento teve uma variação significativa em que a assimilação de CO_2 na fase vegetativa apresentou-se superior à fase reprodutiva (Gráfico 1). Araújo (2014) obteve resultados opostos, em que as cultivares Sempre Verde e Setentão sob déficit hídrico no estágio vegetativo obtiverem fotossíntese maior na fase reprodutiva do que na vegetativa.

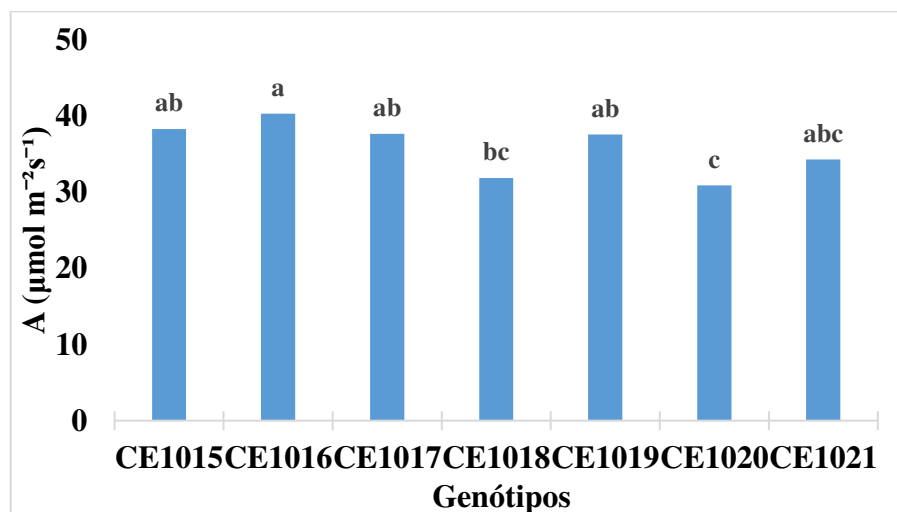
Gráfico 1 – Resposta da fotossíntese em plantas de feijão-caupi em diferentes fases de desenvolvimento (FV - fase vegetativa e FR – fase reprodutiva). Médias de letras diferentes diferem estatisticamente.



Fonte: Elaborado pela autora.

No fator genótipo também houve uma variação significativa, onde o acesso 1016 mostrou-se superior aos demais genótipos, e o genótipo CE1020 apresentou os piores resultados (Gráfico 2). Esses resultados mostram que a taxa fotossintética não sofre apenas influência da condição hídrica mas também pode variar de acordo com o genótipo. Os acessos CE1016 e CE1017 em condições irregulares de água como os outros acessos, se sobressaíram em produção, indicando serem genótipos tolerantes a seca e adaptados a região semiárida, além de terem apresentado maior produção em relação as demais.

Gráfico 2 - Resposta da fotossíntese em sete acessos de feijão-caupi. Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).



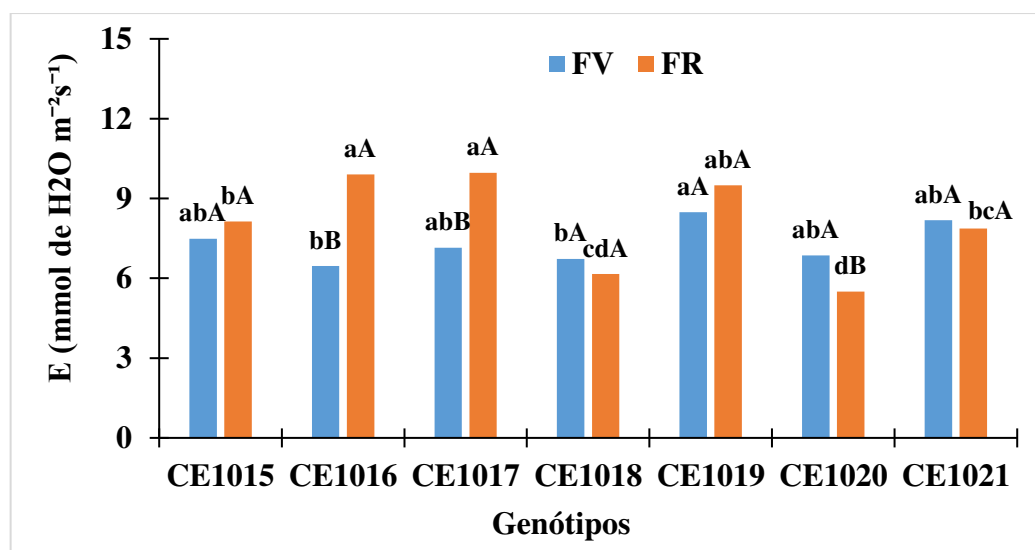
Fonte: Elaborado pela autora.

A variável condutância estomática estatisticamente não teve significância em nenhuma fonte de variação. Porém, os valores de condutância estomática que variaram de 0,36 a 1,06 mol m⁻² s⁻¹, foram superiores aos resultados de Oliveira et al. (2005), que estudaram a condutância estomática como indicador de estresse hídrico em feijão-caupi encontrando valores de gs variando de 0,03 a 0,18 mol m⁻² s⁻¹.

No que diz respeito à interação dupla (genótipo x estágio fenológico), observou-se que as variáveis transpiração (*E*), razão entre concentração interna e externa de CO₂ (C_i/C_a), eficiência do uso da água (EUA) e eficiência instantânea de carboxilação (E_iC), apresentaram respostas significativas (Apêndice A).

Para variável transpiração o genótipo CE1019 foi o que apresentou maior taxa na fase vegetativa, enquanto que na fase reprodutiva os acessos que mais se destacaram foram os genótipos CE1016 e CE1017. Araújo (2014) obteve resultado semelhante avaliando as cultivares Sempre Verde e Setentão em déficit hídrico, que apresentaram na fase reprodutiva maiores valores de transpiração, evidenciando que nesta fase de desenvolvimento a cultura do feijão-caupi possui uma maior demanda hídrica e perda por transpiração. Os acessos CE1016 e CE1017 foram caracterizados morfoagronomicamente como de maior produção, esses resultados relacionados demonstram que acessos que produzem mais, apresentam maior transpiração (Gráfico 3).

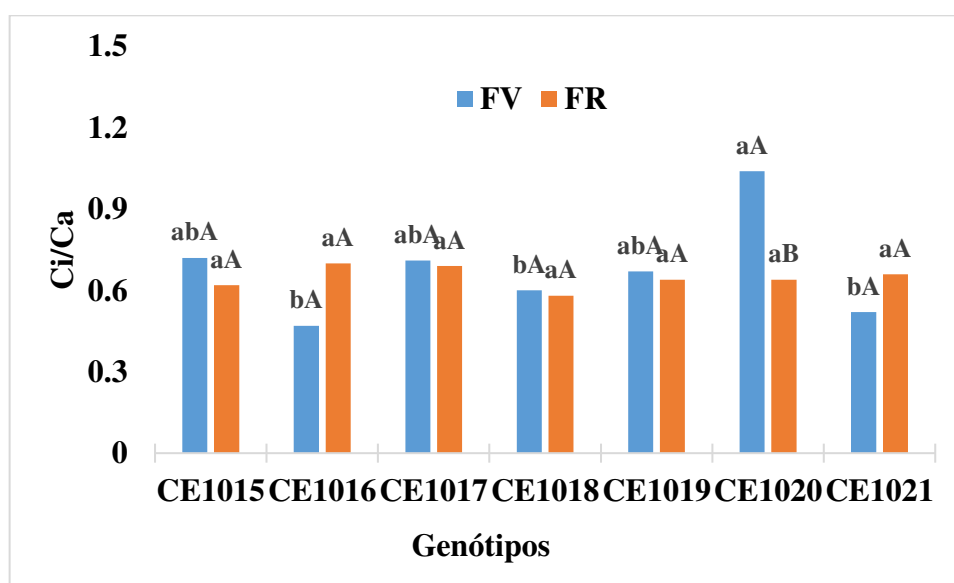
Gráfico 3 – Interação entre genótipo e estágio fenológico (FV - fase vegetativa e FR – fase reprodutiva) na transpiração em sete acessos de feijão-caupi. Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p > 0,05$). Letras maiúsculas refere-se a fase de desenvolvimento e minúscula refere-se a genótipos.



Fonte: Elaborado pela autora.

Para a variável C_i/C_a não foi observado valores significativos estatisticamente nos fatores isolados, porém, na interação entre os fatores houve uma variação significativa. A maior relação C_i/C_a foi observada no genótipo CE1020 na fase vegetativa que apresentou baixa taxa de assimilação de CO_2 na mesma fase (Figura 4), indicando que ele não está utilizando o CO_2 direito, causado por uma limitação bioquímica já que a fotossíntese e a transpiração foram baixa. No trabalho de Silva (2017), o estresse severo de água acarretou um aumento na relação C_i/C_a a cultivares Cabeça-de-gato e Sempre verde diferindo da relação C_i/C_a do genótipo Pingo de Ouro 1,2 que se monstro tolerante a seca no mesmo experimento, ou seja, o aumento da relação C_i/C_a em cultivares não tolerantes a seca acarreta uma diminuição na taxa de assimilação do CO_2 .

Gráfico 4 – Interação entre genótipo e estágio fenológico (FV - fase vegetativa e FR – fase reprodutiva) na concentração interna e externa de CO_2 em sete acessos de feijão-caupi. Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p > 0,05$). Letras maiúsculas refere-se a fase de desenvolvimento e minúscula refere-se a genótipos.



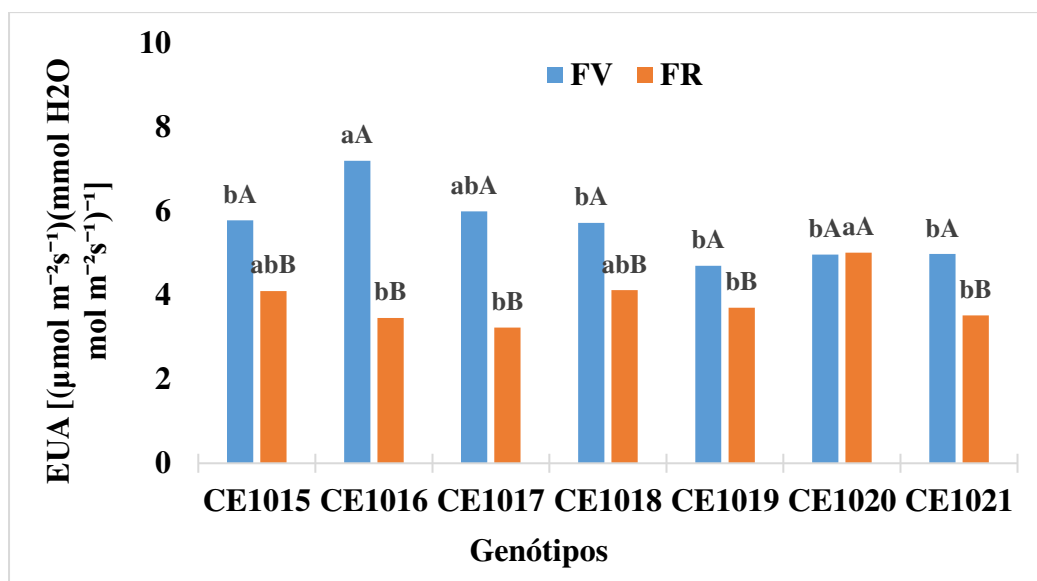
Fonte: Elaborado pela autora.

Para a eficiência do uso da água (EUA), observou-se que todos os genótipos, exceto o CE1020, na fase vegetativa apresentaram maiores valores nessa variável, porém, quando esses acessos chegaram na fase reprodutiva esse parâmetro sofreu uma grande redução, com exceção do genótipo CE1020 que na fase reprodutiva teve um aumento na EUA. Mesmo com a redução desse parâmetro nos acessos CE1016 e CE1017 eles tiveram uma alta produção. Oliveira (2016) nos resultados obtidos para EUA, observou que com a imposição de déficit hídrico do

genótipo Pingo de Ouro 1,2 apresentou as maiores taxas, já a cultivar Meia Corda foi a que apresentou menores valores de eficiência demonstrando uma certa ineficiência na economia hídrica (Gráfico 5).

Dessa forma, plantas em que são observadas maiores valores dessa variável mostram maior eficiência na fixação de carbono, por uma menor perda de água. Podemos concluir que os genótipos, exceto CE1020, apresentaram menores valores na fase reprodutiva, nesta fase os acessos estavam em produção e necessitavam de mais água apresentando característica de inibição química nesta fase. Podendo ser comprovado observando a eficiência instantânea de carboxilação (Gráfico 6).

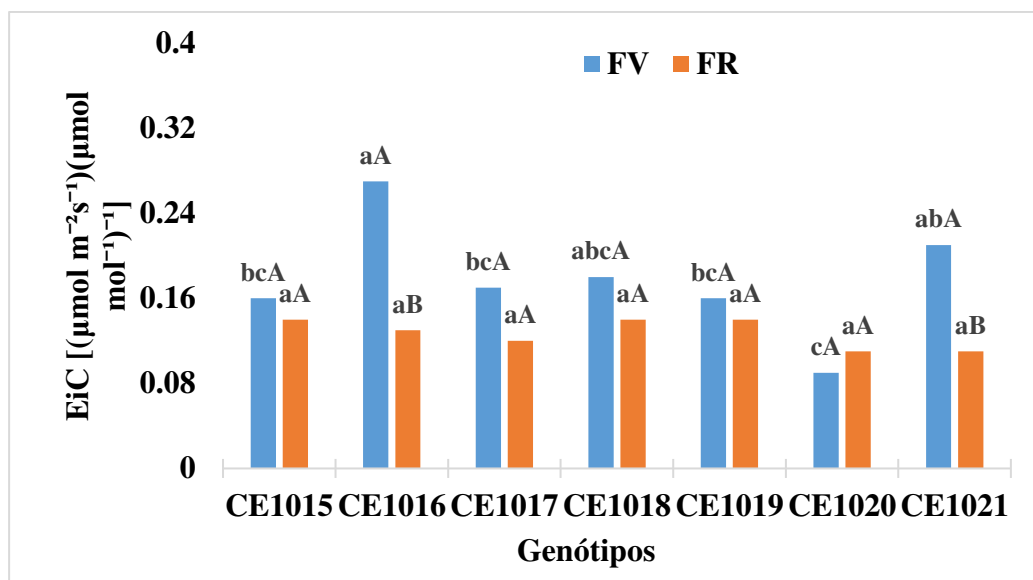
Gráfico 5 – Interação entre genótipo e estágio fenológico (FV - fase vegetativa e FR – fase reprodutiva) na eficiência do uso da água em sete acessos de feijão-caupi. Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p > 0,05$). Letras maiúsculas refere-se a fase de desenvolvimento e minúscula refere-se a genótipos.



Fonte: Elaborado pela autora.

Os acessos que apresentaram uma maior eficiência instantânea de carboxilação na fase vegetativa, exceto CE1020, na fase reprodutiva tiveram esse parâmetro reduzido (Figura 6), o mesmo ocorreu no trabalho conduzido por Ferraz et al. (2012) avaliando as trocas gasosas em ecótipos de feijoeiro cultivados no semiárido, onde observou que no horário mais quente do dia a eficiência instantânea de carboxilação também teve uma redução.

Gráfico 6 – Interação entre genótipo e estágio fenológico (FV - fase vegetativa e FR – fase reprodutiva) na eficiência instantânea de carboxilação em sete acessos de feijão-caupi. Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p > 0,05$). Letras maiúsculas refere-se a fase de desenvolvimento e minúscula refere-se a genótipos.



Fonte: Elaborado pela autora.

As repostas de EUA e EiC foram inversas neste trabalho comparando aos resultados de Ferraz et al. (2012). Os acessos CE1015, CE1016, CE1017, CE1018, CE1019 e CE1021, da mesma forma que reduziram sua EUA na fase vegetativa reduziram também sua eficiência instantânea de carboxilação na fase reprodutiva. Já o Santo Inácio apresentou aumentos da EUA e EiC na fase reprodutiva.

Ao analisar os resultados fisiológicos e comparando com os de produção, podemos destacar os genótipos CE1017, CE1019 e CE1020 indicados para regiões com déficit hídrico. Pois, obtiveram melhores respostas aos parâmetros avaliados. Os genótipos CE1017 e CE1019 responderam melhor na fase reprodutiva no que diz respeito às variáveis fotossíntese e transpiração, enquanto que o CE1020 mesmo obtendo os valores mais baixos nessas variáveis, se sobressaiu nas análises de Ci/Ca, EUA e EiC. Então, possivelmente os melhores resultados obtidos na produção, podem estar relacionados com a resiliência desses acessos para manter altas taxas fisiológicas no período reprodutivo.

5. CONCLUSÕES

A realização da caracterização de acessos e a introdução no BAG são importantes para se conhecer as características dos acessos mais produtivos e menos produtivos em determinadas regiões.

Os acessos mais produtivos foram CE1017, CE1019 e CE1020, estes apresentaram características morfoagronômicas distintas dos acessos menos produtivos, tais como porte, tamanho da vagem, número de sementes por vagem e outras.

Os acessos CE1017, CE1019 são indicados para o cultivo em sequeiro, pois mesmo com restrição de água apresentaram bons resultados de fotossíntese, transpiração e produção.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, J. P. P. de. Cultura do caupi, *Vigna unguiculata* (L) Walp.: descrição e recomendações técnicas de cultivo. Goiânia: Embrapa-CNPAF, 1984. 82p. (Embrapa-CNPAF, Circular Técnica, 18).

ARAÚJO, M. E. B. de. **Estratégias de irrigação deficitária no desempenho agrônomo de cultivares de feijão – caupi no litoral cearense.** 2014. 83f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014.

ARAÚJO, S.A.C; DEMINICIS, B.D. Fotoinibição da Fotossíntese. **Revista brasileira de. Biociência**, Porto Alegre, v. 7, n. 4, p. 463-472, out./dez. 2009

ASHRAF, M.; HARRIS, P.J.C., Photosynthesis under stressful environments: An overview. **Photosynthetica**, v. 51, n. 2, p. 163-190, 2013.

BENVINDO, R. N. **Avaliação de genótipos de feijão-caupi de porte semiprostrado em cultivo de sequeiro e irrigado.** 2017. 69f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2017.

CAMINHA, M.G.; SILVA, V.B.; OLIVEIRA, F.S.; LINO, D.R.; BERTINI, C.H.C.M. Caracterização morfológica de cultivares locais de feijão-caupi com base em descritores qualitativos. In: II Simpósio da Rede de Recursos Genéticos Vegetais do Nordeste, 2015, Fortaleza. **Anais...** II Simpósio da RGV Nordeste. Fortaleza, Embrapa Agroindústria Tropical, 2015 (R 27).

CAMPOS, F. L.; FREIRE FILHO, F. R.; LOPES, A. C. de A.; RIBEIRO, V. Q.; SILVA, R. Q. B.; ROCHA, M. de M. Ciclo fenológico em caupi (*Vigna unguiculata* (L) Walp): uma proposta de escala de desenvolvimento. **Revista Científica Rural**, Bagé, v.5, n. 2, p. 110-116, 2000.

CEARÁ. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 126 de 7 de agosto de 2017. Aprovar o Zoneamento Agrícola de Risco Climático para a cultura de

feijão caupi no Estado do Ceará, ano-safra 2017/2018. Secretaria de Política Agrícola, Fortaleza, 9 ago. 2017. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/riscos-seguro/riscoagropecuario/portarias/safra-vigente/ceara>>. Acesso em: 12 jun. 2018.

COSTA, M. M. M. N. **Comportamento de cultivares de caupi submetidos a deficiência hídrica em duas fases do ciclo fenológico**. 1995. 66f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Ceara, Fortaleza, 1995.

CRAUFURD, P. Q. et al. Development in cowpea (*Vigna unguiculata*) I. The influence of temperature on seed germination and seedling emergence. **Experimental Agriculture**, London, v. 32, n. 1, p. 1-12, 1996.

Cultivo de Feijão-caupi: Importância econômica. Embrapa, 2003. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/FeijaoCaupi/importancia.htm>>. Acesso em: 17 mai. 2018.

DANTAS, J. P. et al. Avaliação de genótipos de caupi sob salinidade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, n. 3, p. 425-430, 2002.

DUTRA, A. S. et al. Qualidade fisiológica de sementes de feijão-caupi em quatro regiões do estado do Ceará. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, vol. 29, nº 2, p.111-116, 2007.

FERNANDES, C.F.; Principais Doenças e Pragas do Feijão-de-Corda. Embrapa/CPAFRO. Disponível em: <[http://www.agronline.com.br/artigos/artigo.php?id=294, Cléberson de Freitas Fernandes](http://www.agronline.com.br/artigos/artigo.php?id=294,Cléberson%20de%20Freitas%20Fernandes)>. Acesso em: 17 mai. 2018.

FERRAZ, R. L. de S. et al. Trocas gasosas e eficiência fotossintética em ecótipos de feijoeiro cultivados no semiárido. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 2, p. 181-188, 2012.

FREIRE FILHO, F. R. et al. Feijão-Caupi no Brasil: produção, melhoramento genético, avanços e desafios. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2011, 84 p.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; SANTOS, A. A. dos. Cultivares de caupi para a região meio-norte do Brasil. In: CARDOSO, M. J. (Org.). A cultura do feijão caupi no meio-norte do Brasil. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2000. 264p. (Embrapa Meio-Norte – Circular Técnica, 28).

FREIRE FILHO, F.R. Origem, evolução e domesticação do caupi. In: ARAUJO, J.P.P. de; WATT, E.E. (Org.). O caupi no Brasil. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP; Ibadan: IITA, 1988. Cap. 1, p. 26-46.

FREIRE FILHO, F.R.; LIMA, J.A.A.; RIBEIRO, V.Q. (Org). Feijão-caupi: avanços tecnológicos. Brasília: **Embrapa Informações Tecnológicas**, 2005a, 519 p.

FREIRE FILHO, Francisco Rodrigues et al. Coleção ativa de germoplasma de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L) Walp) e outras espécies de gênero *Vigna*, da Embrapa Meio-Norte, no período de 1976 a 2003. Terezina, 2011, 26p. (Embrapa Meio-Norte, Documentos, 209).

FREIRE FILHO, Francisco Rodrigues; LIMA, José Albérico de Araújo; RIBEIRO, Valdenir Queiroz. Feijão-caupi: avanços tecnológicos. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005, 519p.

FREIRE, M. S. et al. Germoplasma de caupi: coleção ativa e de base. In: QUEIROZ, M. A. de; GOEDERT, C. O.; RAMOS, S. R. R. **Recursos Genéticos e Melhoramento de Plantas para o Nordeste Brasileiro**. Petrolina: Embrapa Semiárido, v. 1, p. 334-353, 1999.

FREITAS, R. M. O.; TORRES, S. B.; NOGUEIRA, N. W.; LEAL, C. C. P.; FARIAS, R. M. Produção e qualidades de sementes de feijão-caupi em função de sistemas de plantio e estresse hídrico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 43, n. 4, p. 370-376, 2013.

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

GANDAVO, P.M. Dos mantimentos de terra. In: GANDAVO, P.M. Tratado da terra do Brasil. Brasília: Senado Federal, Conselho Editorial, 2008. p. 59-60. Disponível em: <<http://www.bn.br>>. Acesso em: 20 mai. 2018.

JUNIOR, A. S. de A. et al. Cultivo do feijão – caupi (*Vigna unguiculata* (L) Walp). Teresina, Embrapa Meio-Norte, 2002. (Embrapa Meio-Norte, Sistema de Produção, 2).

KAHN, B.A.; STOFFELLA, P.J. Nodule distribution among root morphological components of field-grown cowpeas. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.**, v. 116, p. 655-658, 1991.

KAHN, B.A.; STOFFELLA, P.J. Root morphological characteristics of field-grown cowpeas. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.**, v. 112, p. 402-406, 1987.

LACERDA, C. F. et al. Morpho-physiological responses of cowpea leaves to salt stress. **Brazilian Journal Plant Physiology**, v. 18, n. 4, p. 455-465, 2006.

LANDIM, L. A. S. R. Conteúdo de fenólicos totais, antocianinas, taninos e atividade antioxidante de três cultivares de feijão-caupi. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 3., 2013, Recife. **Anais...** Recife. Feijão-Caupi como alternativa sustentável para os sistemas produtivos familiares e empresariais. Recife: IPA, 2013. Disponível em: <http://www.conac2012.org/resumos/pdf/143a.pdf>. Acesso em 12 jun, 2018.

LIMA, C. J. G. de S. et al. Resposta do feijão-caupi a salinidade da água da irrigação. **Revista verde**, Mossoró, v.2, n.2, p. 79-86, 2007.

LIVRO de Registro dos Acessos do Banco de germoplasma de Feijão-caupi. Fortaleza: UFC, CCA, Laboratório de Análises de Sementes – LAS, 1963.

LOPES, A. C. A. et al., Variabilidade e correlações entre caracteres agronômicos em caupi (*Vigna unguiculata*). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.3, n.36, p. 515-520, 2001.

LOPES, T. J, Antocianinas: uma breve revisão das características estruturais e da estabilidade. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 13, n.3, p. 291-297, 2007.

MACHADO, E. C. et al. Trocas gasosas e relações hídricas em dois cultivares de arroz de sequeiro submetidos a deficiência hídrica, em diferentes fases do crescimento reprodutivo. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Londrina, v. 8, n. 2, p. 139-147, 1996.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Zoneamento Agrícola de Risco Científico**. Portarias segmentadas. Brasília, 2011. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/politica-agricola/zoneamentoagricola/portarias-segmentadas-por-uf>>. Acesso em: 17 mai. 2018.

MARINHO, J.T. de S.; PEREIRA, R. de C. A.; COSTA, J.G. da. Caracterização de cultivares de caupi (*Vigna unguiculata* (L) Walp), em plantios no Acre. Rio Branco: Embrapa Acre, 2001. 13 p. (Embrapa Acre. Boletim de Pesquisa, 31).

NEVES, A.C. das et al. Cultivo do Feijão-caupi em Sistema Agrícola Familiar. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2011. Circular técnico, 51.

OLIVEIRA, A. D.; FERNANDES, E. J.; RODRIGUES, T. J. D. Condutância estomática como indicador de estresse hídrico em Feijão. **Revista de Engenharia Agrícola**, v.25, p.86-95, 2005.

OLIVEIRA, I. P. de; CARVALHO, A. M. de. A cultura do caupi nas condições de clima e de solo dos trópicos úmidos e semiárido do Brasil. In: ARAÚJO, J. P.P. de; WATT, E.E. (Org.). **O Caupi no Brasil**. Brasília, Embrapa-CNPAP; Ibadan; IITA, 1988. p. 65-96.

OLIVEIRA, J. V. de. **Caracterização fisiológica e bioquímica de variedades locais de feijão caupi para tolerância a seca no estado do Ceará**. 2016. 65f. Monografia (Graduação em Agronomia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016.

OLIVEIRA, José Tadeu Santos. **Seleção de genótipos tradicionais e melhorados de feijão-caupi adaptados a região semiárida piauiense**. 2008. 62p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2008.

PAIVA, A. S.; FERNANDES, E. J.; TERESINHA J. D. RODRIGUES, T. J. D.; JOSÉ E. P. TURCO, J. E. P. Condutância estomática em folhas de feijoeiro submetido a diferentes regimes de Irrigação. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.25, n.1, p.161-169, 2005.

PAIVA, J. B. et al. Feijão-caupi: melhoramento genético no Centro de Ciências Agraria. Fortaleza, Edições UFC, 2014, 261p.

PAIVA, J. B. et al. Setentão uma nova cultivar de feijão-de-corda para o estado do Ceará. **Acta Botânica Brasileira**, v. 4, n. 2, p. 165-169, 1990.

POPINIGIS, F. Fisiologia da semente. Brasília, 1977. 289p.

POTTORFF, M. et al. Leaf morphology in cowpea [*Vigna unguiculata* (L) Walp]: QTL analysis, physical mapping and identifying a candidate gene using synteny with model legume species. **Genomics**, v. 13, p. 234, 2012.

RAVEN, P.H., et al. Biologia Vegetal. Ed. Guanabara Koogan S.A., Rio de Janeiro, 2001, 906p

Relatório de Pesquisa, 1971. In: UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ. Centro de Ciências Agrarias. Departamento de Fitotecnia. Fortaleza, 1972, p. 6-11.

RELATÓRIO Técnico, 1968. In: UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ. Centro de Ciências Agrarias. Departamento de Fitotecnia. Fortaleza, 1968, p. 2-10.

ROCHA, M. de M et al. Feijão-caupi - Biologia Floral. [S.1.]: Teresina, Embrapa Meio-Norte, 2007.

SANTOS, E. R. et al. Crescimento e teores de pigmentos foliares me feijão-caupi cultivado sob dois ambientes de luminosidade. **Revista Caatinga**, v. 24, p. 14-19, 2011.

SILVA, B. do N. **Caracterização fisiológica e bioquímica de variedades locais de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) quanto a tolerância ao déficit hídrico**. 2017. 49f. Monografia (Graduação em Agronomia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.

SILVA, P. H. S. de. Pragas da cultura do Feijão-caupi. In: **A cultura do feijão-caupi no Brasil**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2016. p. 13 – 43.

SILVA, P. H. S. de; CARNEIRO, J. da S.; QUINDERÉ, M. A. W. Pragas. In: FREIRE FILHO, Francisco Rodrigues; LIMA, José Albérico de Araújo; RIBEIRO, Valdenir Queiroz. (Eds). **Feijão-caupi: avanços tecnológicos**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. p. 366 - 402.

SOUZA, C. L. C. et al. Variability and correlations in cowpea populations for green-grain production. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.1, p. 262-269, 2007.

VALE, J.C. do; BERTINI, C.; BOREM, A. Feijão-caupi: do plantio a colheita. 1. ed. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2017. 267 p.

APÊNDICE A – Tabela de interação entre os fatores genótipos (Gen) e as fases fenológicas (vegetativa - FV e reprodutiva - FR) nas variáveis transpiração (E), razão entre concentração interna e externa de CO₂ (Ci/Ca), eficiência do uso da água (EUA) e eficiência instantânea de carboxilização (EiC) em sete acessos de feijão-caupi.

Gen.	E		Ci/Ca		EUA		EiC	
	FV	FR	FV	FR	FV	FR	FV	FR
CE1015	7,48 abA	8,14 bA	0,72 abA	0,62 aA	5,78bA	4,10abB	0,16 bcA	0,14 aA
CE1016	6,46 bB	9,91 aA	0,47bA	0,70aA	7,2aA	3,46bB	0,27 Aa	0,13 aB
CE1017	7,15 abB	9,96 aA	0,71 abA	0,69aA	6,00abA	3,23bB	0,17 bcA	0,12 aA
CE1018	6,73 bA	6,16 cdA	0,60 bA	0,58aA	5,72bA	4,12abB	0,18 abcA	0,14 aA
CE1019	8,49 aA	9,49 abA	0,67 abA	0,64aA	4,70bA	3,70bB	0,16 bcA	0,14 aA
CE1020	6,86 abA	5,50 dB	1,04aA	0,64aB	4,97bA	5,01aA	0,09 cA	0,11 aA
CE1021	8,18 abA	7,87 bcA	0,52bA	0,66aA	4,98bA	3,52bB	0,21 abA	0,11 aB

Medias seguidas de mesma letra não diferem entre si. Letras minúsculas refere-se aos genótipos, letras maiúsculas refere-se as fases de desenvolvimento.