

**SELEÇÃO DE GENÓTIPOS TRADICIONAIS E MELHORADOS DE FEIJÃO-
CAUPI ADAPTADOS À REGIÃO SEMI-ÁRIDA PIAUIENSE**

JOSÉ TADEU SANTOS OLIVEIRA

Engenheiro Agrônomo

Dissertação apresentada ao Centro de Ciências
Agrárias da Universidade Federal do Piauí,
para a obtenção do Título de Mestre em
Agronomia, Área de Concentração: Produção
Vegetal.

TERESINA

Estado do Piauí – Brasil

Julho – 2008

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

**SELEÇÃO DE GENÓTIPOS TRADICIONAIS E MELHORADOS DE FEIJÃO-
CAUPI ADAPTADOS À REGIÃO SEMI-ÁRIDA PIAUIENSE**

JOSÉ TADEU SANTOS OLIVEIRA
Engenheiro Agrônomo

Orientador: Dr. Maurisrael de Moura Rocha

Dissertação apresentada ao Centro de Ciências
Agrárias da Universidade Federal do Piauí,
para a obtenção do Título de Mestre em
Agronomia, Área de Concentração: Produção
Vegetal.

TERESINA
Estado do Piauí – Brasil
Julho – 2008

O48s Oliveira, José Tadeu Santos.

Seleção de genótipos tradicionais e melhorados de feijão-caupi adaptados à região semi-árida piauiense. / José Tadeu Santos Oliveira. – Teresina: UFPI, 2008. 62p.

Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Piauí, 2008.

1. Feijão-caupi. 2. Semi-árido. 3. Genótipos tradicionais.
4. Genótipos Melhorados. I Título.

CDD: 635.659 2

**“SELEÇÃO DE GENÓTIPOS TRADICIONAIS E MELHORADOS DE FEIJÃO-
CAUPI ADAPTADOS À REGIÃO SEMI-ÁRIDA PIAUIENSE”**

JOSÉ TADEU SANTOS OLIVEIRA
Engenheiro Agrônomo

Dissertação defendida e aprovada em 11 / 07 / 2008

Banca Examinadora:

Dr. Francisco Rodrigues Freire Filho / Embrapa Meio-Norte

Prof^ª. Dr^ª. Regina Lucia Ferreira Gomes / UFPI – CCA

Dr. Maurisrael de Moura Rocha / Embrapa Meio-Norte
Orientador

A minha esposa Francilane

Aos meus filhos Tadeu Filho, Bruno e Larissa.

Dedico

AGRADECIMENTOS

A DEUS, que pela fé a ele dedicada, me deu forças para transpor mais esta etapa da vida;

À Embrapa Meio-Norte, pela disponibilidade de sua estrutura física, para instalação dos experimentos e aos seus pesquisadores;

Ao Dr. Maurisrael de Moura Rocha, pela orientação deste trabalho;

Ao Dr. Francisco Rodrigues Freire Filho, pelos valiosos conselhos e orientações;

Aos funcionários, Manoel G. da Silva, Paulo S. Monteiro e Ivo de S. Pinto e todas as pessoas que fazem o núcleo do feijão-caupi, da Embrapa Meio-Norte, pela grande amizade que fizemos e pela contribuição inestimável que deram do principio ao fim deste trabalho;

Ao EMATER, pela minha liberação para que pudesse ampliar meus conhecimentos agronômicos;

À Universidade Federal do Piauí, pela oportunidade que está dando aos piauienses graduados, em especial aos Agrônomos, de poderem galgar o curso de mestrado;

Aos professores do curso de Pós-Graduação em Agronomia, pelos ensinamentos científicos;

Ao secretário do Mestrado em Agronomia, Vicente de Sousa Paulo, pela amizade, respeito e consideração;

Aos meus pais, Galileu Borges de Oliveira “*in memoriam*” e Maria Arimá Santos Oliveira, pelo incentivo, apoio e compreensão que sempre me deram em todas as etapas da vida;

Aos colegas, compadre Raimundo Nonato Benvindo, Antônio Luis Galvão e Gilson Lages Portela, pela amizade e ajuda;

À amiga Eng^a. Agrônoma, Joashlenny Alves de Oliveira, pela ajuda na digitação do trabalho;

Ao pesquisador Eng^o. Agrônomo Ms., Gilson de Jesus de Azevedo Campelo, por ter sido o primeiro colega a me incentivar a fazer o mestrado;

Finalmente, a todos que direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	viii
LISTA DE FIGURAS	x
RESUMO	xi
SUMMARY	xiii

1 INTRODUÇÃO	01
---------------------------	-----------

2 REVISÃO DE LITERATURA	04
--------------------------------------	-----------

2.1 Origem e botânica.....	04
----------------------------	----

2.2 Importância sócio-econômica e nutricional.....	05
----------------------------------------------------	----

2.3 Produção, comércio e consumo	06
----------------------------------------	----

2.4 Tipos de cultivares	07
-------------------------------	----

2.5 Interação genótipos x ambientes.....	08
------------------------------------------	----

2.6 Adaptabilidade e estabilidade fenotípica	09
----------------------------------------------------	----

3 REFERÊNCIAS	11
----------------------------	-----------

CAPÍTULO I - PURIFICAÇÃO GENÉTICA E SELEÇÃO DE GENÓTIPOS DE FEIJÃO-CAUPI PARA A REGIÃO SEMI-ÁRIDA PIAUIENSE

RESUMO	19
---------------------	-----------

ABSTRACT	21
-----------------------	-----------

1 INTRODUÇÃO	22
---------------------------	-----------

2 MATERIAL E MÉTODOS	25
-----------------------------------	-----------

2.1 Material genético	25
-----------------------------	----

2.2 Ambientes de condução dos experimentos.....	28
-------------------------------------------------	----

2.3 Manejo dos experimentos.....	29
----------------------------------	----

2.3 Delineamento experimental	29
-------------------------------------	----

2.5 Caracteres avaliados	29
2.6 Análises estatísticas	30

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
---------------------------------------	-----------

4 CONCLUSÕES.....	36
--------------------------	-----------

5 REFERÊNCIAS	37
----------------------------	-----------

**CAPITULO II - ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE GENÓTIPOS
TRADICIONAIS E MELHORADOS DE FEIJÃO-CAUPI**

RESUMO.....	40
--------------------	-----------

ABSTRACT	41
-----------------------	-----------

1 INTRODUÇÃO	42
---------------------------	-----------

2 MATERIAL E MÉTODOS	43
-----------------------------------	-----------

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
---------------------------------------	-----------

4 CONSLUSÕES	54
---------------------------	-----------

5 REFERÊNCIAS	55
----------------------------	-----------

ANEXOS	59
---------------------	-----------

LISTA DE TABELAS

Capítulo I – Purificação genética e seleção de genótipos de feijão-caupi na região semi-árida piauiense	18
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------

Tabela 1. Análise de variância conjunta para os caracteres produtividade de grãos (PROD), comprimento de vagem (COMPV), número de grãos por vagem (NGV), peso de 100 grãos (P100G), tipo de planta (TP), valor de cultivo (VC) e acamamento (ACAM) obtidos a partir da avaliação de 20 genótipos de feijão-caupi, em cinco ambientes no estado do Piauí, no período de 2006 a 2007.....	37
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------

Tabela 2. Média dos caracteres produtividade de grãos (PROD), comprimento de vagem (COMPV), número de grãos por vagem (NGV), peso de 100 grãos (P100G), tipo de planta (TP), valor de cultivo (VC) e acamamento (ACAM) obtidos a partir da avaliação de 20 genótipos de feijão-caupi, em cinco ambientes no estado do Piauí, no período de 2006 a 2007	38
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------

Capítulo II - Adaptabilidade e estabilidade de genótipos tradicionais e melhorados de feijão-caupi.....	39
---------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------

Tabela 1 - Ambientes e anos de avaliação, qualidade de acordo com os índices ambientais (Ij), quadrados médios dos tratamentos e do erro das análises de variância individuais e produtividade média dos ensaios.....	44
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------

Tabela 2 - Médias por ambiente e por local, para o caráter produtividade de grãos (kg ha^{-1}), obtidas a partir da avaliação de 20 genótipos de feijão-caupi em cinco ambientes na região semi-árida (São Raimundo Nonato e São Miguel do Tapuio) e Teresina, PI, no período de 2006 a 2007.....	47
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------

Tabela 3 - Produtividade média de grãos em kg ha^{-1} (β_0), estimativas do coeficiente de regressão (β_1), variância dos desvios de regressão ($\hat{\sigma}_{\delta_i}^2$) e coeficiente de determinação (R^2) de 20 genótipos de feijão-caupi, obtidos pelo método de Eberhart & Russell (1966).....**48**

Tabela 4 - Estimativas de médias (β_0), coeficiente de regressão (β_1), variância dos desvios de regressão ($\hat{\sigma}_{\delta_i}^2$) e coeficiente de determinação (R^2), segundo o método de Eberhart & Russell (1966), obtidas de 20 genótipos de feijão-caupi avaliados em cinco ambientes na região semi-árida (São Raimundo Nonato e São Miguel do Tapuio) e Teresina, PI, no período de 2006 a 2007.....**49**

LISTA DE FIGURAS

Capítulo I – Purificação genética e seleção de genótipos de feijão-caupi na região semi-árida piauiense	18
Figura 1. Aspectos físicos dos grãos dos genótipos Canapuzinho, Canapuzinho-2, Sempre Verde-PI, Sempre verde-2, Santo Inácio e Cojó-1	25
Figura 2. Aspectos físicos dos grãos dos genótipos Cojó-4-4, Cojó-4-10, Inhuma, Pingo-de-Ouro-1-2, Pingo-de-Ouro-2, Patativa, Canapu-BA e Canapu Precoce	26
Figura 3. Aspectos físicos dos grãos dos genótipos TE96-290-12G, TE97-304G-4, TE97-304G-12, TE97-391G-2, BR 17-Gurguéia e CE-315.....	27
Capítulo II - Adaptabilidade e estabilidade de genótipos tradicionais e melhorados de feijão-caupi	39
Figura 1. a – Sintomas de vírus em cultivares tradicionais em São Raimundo Nonato (abril, 2007); b - Presença de praga nas raízes em São Raimundo Nonato (maio,2006); Percevejos na fase final da cultura em São Raimundo Nonato-PI (maio, 2006); d - Fase de colheita em São Miguel do Tapuio-PI (2007)	45
Figura 2. Linhas de regressão dos três genótipos tradicionais mais produtivos, avaliados em cinco ambientes do Estado do Piauí, estimadas pelo método de Eberhart & Russel (1966).....	50
Figura 3. Linhas de regressão dos três genótipos melhorados mais produtivos, avaliados em cinco ambientes do estado do Piauí, estimadas pelo método de Eberhart & Russel (1966)	51

LISTA DE FIGURAS

Capítulo I – Purificação genética e seleção de genótipos de feijão-caupi na região semi-árida piauiense	18
Figura 1. Aspectos físicos dos grãos dos genótipos Canapuzinho, Canapuzinho-2, Sempre Verde-PI, Sempre verde-2, Santo Inácio e Cojó-1	25
Figura 2. Aspectos físicos dos grãos dos genótipos Cojó-4-4, Cojó-4-10, Inhuma, Pingo-de-Ouro-1-2, Pingo-de-Ouro-2, Patativa, Canapu-BA e Canapu Precoce	26
Figura 3. Aspectos físicos dos grãos dos genótipos TE96-290-12G, TE97-304G-4, TE97-304G-12, TE97-391G-2, BR 17-Gurguéia e CE-315.....	27
Capítulo II - Adaptabilidade e estabilidade de genótipos tradicionais e melhorados de feijão-caupi	39
Figura 1. a – Sintomas de vírus em cultivares tradicionais em São Raimundo Nonato (abril, 2007); b - Presença de praga nas raízes em São Raimundo Nonato (maio,2006); c-Percevejos na fase final da cultura em São Raimundo Nonato-PI (maio, 2006); d - Fase de colheita em São Miguel do Tapuio-PI (2007)	45
Figura 2. Linhas de regressão dos três genótipos tradicionais mais produtivos, avaliados em cinco ambientes do estado do Piauí, estimadas pelo método de Eberhart & Russel (1966).....	50
Figura 3. Linhas de regressão dos três genótipos melhorados mais produtivos, avaliados em cinco ambientes do estado do Piauí, estimadas pelo método de Eberhart & Russel (1966)	51

SELECTION OF TRADITIONAL AND IMPROVED COWPEA GENOTYPES ADAPTED TO PIAUÍ SEMI-ARID REGION

Author: José Tadeu Santos Oliveira

Adviser: Dr. Maurisrael de Moura Rocha

SUMMARY

Brazil is the third world producer of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). The Northeast region is responsible for the largest Brazilian area and production. In the state of Piauí, third northeastern producer, the small farmers are responsible for most of the production and use more traditional cultivars. These cultivars, although well accepted by farmers and adapted to adverse conditions of semi-arid region, are very mixed, bringing difficulty of marketing in more markets demanding. The purification of traditional varieties and selection improved genotypes represent viable strategies to improve grain yield and quality, which helps to improve the competitiveness of small farmers in the market, and the increase in the generation of employment and income. This study aimed to evaluate and select traditional and improved cowpea genotypes to the Piauí semi-arid region. Twenty cowpea genotypes, being thirteen traditional, three lines and four improved cultivars were evaluated, being two improved cultivars used as controls. The trials were carried out at municipalities of São Raimundo Nonato (SRN), São Miguel do Tapuio (SMT), in semi-arid region, and at Teresina (THE). These were designed in a randomized blocks, with four replications. Following traits were evaluated: plant type (TP), lodging (ACAM), culture value (VC), pod length (COMPV), number of seeds per pod (NVG), weight of 100 grains (P100G) and grain yield (PROD). Data were submitted to analysis of variance and averages compared by Scott-knott test ($P < 0.05$). Cojó-4-4 and Cojó-4-10 genotypes were selected of the sample Cojó-4, similar to Pingo-de-Ouro-1-2, selected of the sample Pingo-de-Ouro-1. Genotypes as one all and the traditional differed for all the characters, except for PROD.

Improved genotypes differed only for the characters COMPV, P100G ($P < 0.01$) and TP ($P < 0.05$). There were differences between traditional and improved genotypes for all the characters, except for TP. Among the traditional cultivars, Canapuzinho, Pingo de Ouro-2 and Canapu-BA highlighted by presenting higher PROD. Pingo de Ouro-2 and Patativa cultivars appear to be good sources of genes for improving the P100G, TP, VC and ACAM. Improved BRS Xiquexique cultivar and traditional Canapuzinho, Pingo-de-Ouro-2 e Canapu-BA cultivars are promising for grain yield. The traditional cultivars were more unstable, however, better adapted to adverse environments, compared to improved genotypes, which were more stable, however, expressed his best genetic potential in favorable environments. Pingo de Ouro-2 cultivar and the TE97-304G-4 and TE97-304G-12 lines are highly predictable, but more should be recommended for environments that use high technology. Patativa cultivar and TE97-391G-2 line are highly unpredictable, being the first best recommended for small farmers and the second for agriculture business. Traditional Canapuzinho and Canapu-BA Cultivars and improved Xiquexique cultivar presents genes for adaptability and stability and should be recommended for all environments in the Piauí semi-arid region for both small, and for the great producer.

Key words: *Vigna unguiculata*, cultivars, adaptability, stability, quality.

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, os feijões mais cultivados são os pertencentes às espécies *Phaseolus vulgaris* (L.) (feijão-comum) e *Vigna unguiculata* (L.) Walp. (feijão-caupi). O cultivo deste último concentra-se nas regiões Norte e Nordeste, onde constitui uma das principais alternativas sociais e econômicas, respectivamente, no suprimento alimentar e na geração de emprego e renda, especialmente para as populações rurais. É vulgarmente conhecido como feijão-de-corda, feijão-macassar, feijão-fradinho, feijão-de-praia, feijão-da-colônia, feijão-gurutuba, feijão-catador, feijão-trepa-pau, dentre outros (Freire Filho et al., 2005a).

O feijão-caupi tem como centro de origem a África, tendo sido introduzido no Brasil no século XVI, pelos colonizadores portugueses. A entrada no Brasil se deu pelo Estado da Bahia, de onde se expandiu para todo o País. Em termos percentuais, os países com maiores áreas cultivadas e produções de feijão-caupi são a Nigéria (45 e 57%), o Níger (34 e 18%) e o Brasil (13 e 13%), respectivamente. Os Estados Unidos e Uganda são os países que apresentam as maiores produtividades de grãos (Singh et al., 2002).

O Nordeste e, principalmente, o Estado do Piauí, é muito rico em cultivares tradicionais, locais ou crioulas, geralmente adotadas por pequenos produtores, mas suscetíveis a pragas e doenças, o que contribui para um baixo potencial produtivo. Essas cultivares estão cada vez mais escassas, devido às irregularidades climáticas, e cada vez mais misturadas, devido ao processo de comercialização, no qual o comerciante ao adquirir o produto, mistura os grãos com características semelhantes, mesmo sendo de cultivares diferentes. A falta de sementes de boa qualidade na época certa faz com que os produtores utilizem grãos adquiridos nas feiras, geralmente misturados pelos comerciantes. Além disso, o governo, para contornar essa deficiência, compra sementes de cultivares em outros Estados, não adaptadas às condições agro-climáticas e não bem aceitas no mercado piauiense, de certo modo restrito, quando se trata de pequena produção (Freire Filho, 2008)ⁱ.

ⁱInformação pessoal de Francisco Rodrigues Freire Filho, Pesquisador da Embrapa Meio-Norte, Teresina, PI, 2008.

Apesar dos esforços dos produtores de sementes certificadas e agricultores, as novas cultivares logo se tornam contaminadas com cultivares estranhas, havendo assim, necessidade de purificações periódicas para manter a pureza e identidade das mesmas (Allard, 1971). Em feijão-caupi, um exemplo foi a cultivar BR 3-Tracuateua, que perdeu sua identidade genética após anos de cultivo, havendo a necessidade de um trabalho de purificação e relançamento comercial (Freire Filho et al., 2005b).

As diversas características desejadas em uma cultivar ideal, geralmente, estão presentes em diferentes cultivares ou mesmo não existem fenotipicamente, havendo, portanto, a necessidade de serem reunidas em uma mesma cultivar ou serem obtidas por meio da manipulação genética. Outro aspecto relacionado a essa questão é que os fatores bióticos e abióticos que formam o ambiente, como também as exigências dos produtores, comerciantes e consumidores são dinâmicos. Além disso, a busca do aperfeiçoamento da exploração e da melhoria da produtividade e da qualidade exige um trabalho permanente de criação e seleção de novas cultivares (Freire Filho et al., 2003).

O Nordeste brasileiro apresenta ambientes contrastantes em face de sua localização e extensão territorial, onde a atividade agrícola está diretamente condicionada por fatores edafoclimáticos. O feijão-caupi é cultivado em grande parte dessa região, com distintos sistemas de produção, apresentando oscilação no seu rendimento, de acordo com as condições ambientais e sistemas de produção praticados (Teixeira et al., 1988). Quando um mesmo conjunto de genes se expressa em diferentes ambientes, as diferenças nas respostas podem ser explicadas pela heterogeneidade das variâncias genéticas e experimentais ou ambas; e, quando diferentes conjuntos de genes se expressam em ambientes distintos, as diferenças nas respostas explicam-se por uma inconsistência das correlações genéticas entre os valores de um mesmo caráter em dois ambientes (Falconer, 1989). Esse efeito tem influência nas estimativas dos componentes da variância genética, que por sua vez afetam o ganho esperado com a seleção (Cruz & Regazzi, 2001).

Duarte & Zimmermann (1991) ressaltam que a recomendação de cultivares baseada nas produtividades médias obtidas numa região e extrapolada para outra, pode resultar em produção bem abaixo do esperado, quando cultivadas em outras condições.

A interação genótipo x ambiente assume, portanto, papel preponderante no processo de recomendação de cultivares, sendo necessário minimizar o seu efeito, o que é possível através da seleção das cultivares de melhor estabilidade fenotípica (Ramalho et al., 1993).

O estudo da adaptabilidade e estabilidade de genótipos torna-se essencial, uma vez que permite identificar tanto aqueles genótipos que mantêm nível estável de produtividade, independente das variações do ambiente, como também aqueles que respondem bem à melhoria do ambiente. Os genótipos com maior previsibilidade são os mais indicados para os pequenos produtores que não utilizam ou fazem pouco uso de insumos modernos (Freire Filho et al., 2002).

A adaptabilidade refere-se à capacidade de os genótipos aproveitarem vantajosamente o estímulo do ambiente e a estabilidade diz respeito à capacidade de os genótipos mostrarem comportamento altamente previsível em razão do estímulo do ambiente (Cruz & Regazzi, 2001).

O presente trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar e selecionar genótipos tradicionais e melhorados de feijão-caupi adaptados à região semi-árida piauiense. Está dividido em uma introdução, uma revisão de literatura e dois capítulos.

Os capítulos 1 e 2 são apresentados na forma de artigo científico, segundo as normas para submissão, respectivamente, às revistas *Ceres* e *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, compostos de: título (português e inglês), resumo, palavras-chave/termos para indexação, abstract/index terms, introdução, material e métodos, resultados e discussão, conclusões e referências.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Origem e Botânica

O feijão-caupi é uma planta nativa do continente africano. Steele & Mehra (1980) e Ng & Marechal (1985) citam o oeste da África, mais precisamente a Nigéria como o centro primário de origem e diversidade da espécie. Entretanto, Padulosi & Ng (1997) afirmam que provavelmente a região de Transvaal, na República da África do Sul, é a região de especiação. As grandes diferenças morfológicas apresentadas pelo feijão-caupi cultivado na Ásia, relativamente às formas cultivadas na África, indicam que a Ásia seria um dos centros secundário de domesticação. A ocorrência de formas silvestres somente no sudoeste da África, indica que essa região seja mesmo o centro de origem, tendo as formas primitivas sido levadas para outras regiões da África, Índia e Ásia (Cowpea, 2008).

Estudos citogenéticos apontam o feijão-caupi como 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). Teófilo et al. (1999) e Sousa et al. (2006) encontraram taxas de 0,8% e 1,06%, respectivamente.

A planta de feijão-caupi é uma dicotiledônea pertencente à ordem *Fabales*, família *Fabaceae*, subfamília *Faboideae*, tribo *Phaseoleae*, subtribo *Phaseolinae*, gênero *Vigna*, subgênero *Vigna*, secção *Catianga*, espécie *Vigna unguiculata* (L.) Walp. e subespécie *unguiculata* (Marechal et al., 1978; Padulosi & Ng, 1997). O subgênero *Vigna* foi subdividido em seis seções: *Vigna*, *Comosae*, *Macrodontae*, *Reticulatae*, *Liebrechtsia* e *Catiang*. A secção *Catiang* tem duas espécies, *Vigna unguiculata* (L.) Walp. e *Vigna nervosa* Markötter. Todo o feijão-caupi cultivado pertence à subespécie *unguiculata*. Marechal et al. (1978) e Ng & Marechal (1985) dividiram a subespécie *unguiculata* em quatro cultigrupos: *unguiculata*, *sesquipedalis*, *biflora* e *textilis*. No Brasil, são cultivados somente os cultigrupos *unguiculata* e o *sesquipedalis*, sendo este último comumente conhecido como “feijão-de-metro” (Freire Filho et al., 2005a).

2.2 Importância sócio-econômica e nutricional

O feijão-caupi é responsável por 34% e 15,6%, respectivamente, da área plantada e a produção de feijão do Brasil. Para cada hectare cultivado gera-se um emprego/ano. Considerando o consumo per capita de 19,56 kg/pessoa/ano e o preço médio histórico da saca de US\$ 31,96 (AGRIANUAL, 2003), na safra de 2006, foram gerados no Brasil 1.375.725 empregos, a produção foi suficiente para alimentar 27,6 milhões de pessoas e o valor de produção correspondeu a US\$ 287 milhões.

Os grãos do feijão-caupi são ricos em proteínas, 23% a 25% em média; apresenta todos os aminoácidos essenciais; carboidratos, 62% em média; vitaminas e minerais. Possui também grande quantidade de fibras dietéticas, baixa quantidade de gordura (2% em média de óleo) e não contem colesterol. Constitui-se de um alimento básico para a população de baixa renda, principalmente os pequenos produtores familiares do Nordeste brasileiro. (Andrade Júnior et al., 2003).

Um possível componente deste grão responsável pelo efeito redutor de colesterol, é sua proteína, pois em estudos realizados com hamsters hipercolesterolêmicos, o feijão-caupi integral e uma proteína isolada reduziram o colesterol plasmático e proporcionam efeito hepatoprotetor (Frota, 2007). Segundo (Pereira, 2008), o feijão-caupi é um grande fornecedor de fibras dietéticas do tipo solúvel, que ajudam a baixar os teores de colesterol.

A composição química da semente da cultivar BRS Milênio foi estudada por Frota et al. (2008) e os resultados indicaram que o feijão-caupi possui atributos desejáveis como altos teores de energia, proteínas, fibras e minerais, baixa atividade inibitória de tripsina e, apesar do reduzido conteúdo lipídico, contém alta proporção de ácidos graxos insaturados. Rocha et al. (2008), em um esforço de biofortificação do feijão-caupi no Brasil, avaliaram vários genótipos para os conteúdos médios de ferro e zinco e encontraram, respectivamente, 7,7 e 5,3 mg 100g⁻¹.

2.3 Produção, comércio e consumo

No Brasil, o cultivo de feijão-caupi concentra-se nas regiões Norte e Nordeste, apresentando distintos sistemas de produção e oscilações no seu rendimento, de acordo com as condições ambientais e sistemas de produção praticados (Teixeira et al., 1988).

A região Nordeste é responsável por 45% da produção nacional de feijão-caupi. Com relação à produção de cada Estado, esta produção é assim distribuída: PI - 99% (Freire Filho, 2008)ⁱ; MA - 95%; CE - 95%; PE - 42%; RN - 98%; PB - 65%; AL - 10%; SE - 8,3% e BA - 23% (Hetzl, 2006)ⁱⁱ.

Nos últimos 10 anos, a área e a produção média de feijão-caupi no Nordeste foram de 1.155.831 ha e 367.311 ton., respectivamente. Neste mesmo período, a área e a produção média do estado do Piauí foram de 214.792 ha e 44.752 ton., respectivamente, ficando em 2º lugar em área plantada, atrás do Ceará (522.541 ha.) e em 3º lugar na produção, atrás do Ceará (150.620 ton.) e da Bahia (82.596 ton.) (IBGE, 2008; Hetzel, 2006²).

Na região Meio-Norte do Brasil, constituída pelos Estados do Piauí e Maranhão, são comercializados vários tipos de grãos de feijão-caupi, predominando os de cor mulato, sempre-verde e branco. Em toda a cadeia comercial, os feijões branco e sempre-verde, que não escurece rapidamente, são os mais valorizados e obtêm os melhores preços, tanto no atacado quanto no varejo. Com relação ao tamanho e a forma dos grãos, há uma preferência por grãos com peso de 100 grãos em torno de 18 g, com formato reniforme ou arredondado (Andrade Júnior et al., 2003).

Com base na portaria nº 85, de 06 de março de 2002, 7ª parte, anexo XII, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, o feijão-caupi pertence ao Grupo II (Feijão-de-corda, feijão-caupi ou feijão-macassar, espécie *Vigna unguiculata* (L.) Walp. e tem as seguintes classes: Branco, Preto, Cores e Misturado (BRASIL, 2002).

Com o objetivo de se obter uma nomenclatura que pudesse ser usada por pesquisadores, técnicos, produtores, industriais, comerciantes e consumidores, foi proposta a inclusão de subclasses, dentro das classes Branco e Cores.

ⁱ Informação pessoal de Francisco Rodrigues Freire Filho, Pesquisador da Embrapa Meio-Norte, Teresina, PI, 2008.

ⁱⁱ Informação pessoal de Sandra Hetzel – consultora econômica da homepage UNIFEIJÃO – São Paulo, SP, 2006.

A classe Branco inclui as cultivares com grão de tegumento de cor branca e é representada pelas subclasses Brancão, Branca e Fradinho; a classe Preta inclui as cultivares com grãos de tegumento preto, cultivadas principalmente no Rio Grande do Sul e Santa Catarina, para adubação verde, e na Tailândia e Míamar, para alimentação humana; a classe Cores inclui as cultivares que tem grãos com tegumento com cores diferentes das classes Branco e Preto e representado pelas subclasses Mulato, Canapu, Sempre-Verde, Corujinha, Azulão, Manteiga, Verde e Rajada (Freire Filho et al., 2005a).

O feijão-caupi é cultivado principalmente para a produção de grãos, secos ou verdes. É também utilizado como forragem verde, feno, ensilagem e, ainda, como adubação verde e proteção do solo (Andrade Júnior et al., 2003). A produção de grãos secos para o consumo humano representa o tipo de cultivo predominante.

2.4 Tipos de cultivares

A baixa produtividade média de grãos de feijão-caupi no Piauí está relacionada com vários fatores, dentre eles, o uso de cultivares tradicionais, geralmente susceptíveis a pragas e doenças e de baixo potencial produtivo (Cardoso et al., 2000). As cultivares locais são originadas, em sua maior parte, das introduções feitas da África, que evoluíram e adaptaram-se às múltiplas situações ecológicas existentes e são hoje fontes de características agrônômicas excelentes que devem ser preservadas (Bevitori et al., 1992). Trata-se, portanto, de cultivares que sofreram seleção natural para adaptabilidade e seleção artificial pelos produtores, para diversas outras características agrônômicas e culinárias (Freire Filho et al., 1981).

A Lei Nº 10.711, de 05 de Agosto de 2003, estabelece como semente local, tradicional ou crioula: a variedade desenvolvida, adaptada ou produzida por agricultores familiares, assentados da reforma agrária ou indígena, com características bem determinadas e reconhecidas pelas comunidades e que, considerados também os descritores socioculturais e ambientais, não se caracterizem como substancialmente semelhantes às cultivares comerciais (BRASIL, 2008).

A região Meio-Norte é rica em cultivares tradicionais, as quais ainda são muito cultivadas, principalmente por pequenos e médios produtores, que produzem suas próprias sementes. Esse germoplasma possui uma variabilidade genética imensurável, a qual pode ser observada a partir dos diferentes tipos de grãos que são encontrados nas feiras livres e nos mercados das médias e grandes cidades. Há algumas características que são predominantes: em sua maioria são misturas varietais com cinco ou mais componentes; apresentam crescimento indeterminado e porte semi-prostrado ou prostrado, ciclo médio - de 71 a 90 dias - folhas globosas, vagens no nível ou acima da folhagem, comprimento médio de vagem em torno de 18,0cm, número médio de grãos por vagem em torno de 14,0 e peso médio de 100 grãos em torno de 19,0g (Freire Filho et al., 1981).

O objetivo de se melhorar as culturas autógamas por meio da hibridação é o de reunir em uma nova linhagem pura, a ser utilizada pelos produtores rurais como nova cultivar, alelos favoráveis presentes em duas ou mais cultivares comerciais (SILVA, 1999). O mercado do feijão-caupi é diversificado e dinâmico quanto a características qualitativas e tecnológicas e as mudanças climáticas globais exigem genótipos adaptados aos novos ambientes. Isso requer um trabalho permanente de melhoramento e o desenvolvimento de novas cultivares que atendam as demandas de toda a cadeia produtiva do feijão-caupi no Brasil.

No início, o melhoramento do feijão-caupi foi voltado principalmente para o aumento da produtividade de grãos, posteriormente para a resistência a doenças, principalmente às viroses, e atualmente além dessas duas características, está sendo dada uma grande ênfase à qualidade de grão e à arquitetura de planta (Freire Filho et al., 2000).

Cultivares melhoradas e linhagens elites de feijão-caupi têm apresentado produtividades de grãos secos superiores a 3 ton./ha (Bezerra, 1997), demonstrando que a produtividade de grãos pode ser aumentada por meio do uso de cultivares melhoradas. Estudos visando avaliação de genótipos têm sido conduzidos, principalmente, com base na seleção para produtividade de grãos e seus componentes (Vieira et al., 2000; Oliveira et al., 2002; Freire Filho et al., 2001 e 2002).

2.5 Interação genótipos x ambientes

A manifestação fenotípica é resultante da ação do genótipo sob influência do meio. Quando consideramos uma série de ambientes, detecta-se um efeito adicional, resultante da interação genótipo x ambiente (Cruz & Regazzi, 2001). Isto se deve à ocorrência de diferenças no desempenho médio de cada genótipo frente às variações ambientais, reduzindo, assim, a correlação entre fenótipo e genótipo. A interação genótipos x ambientes reflete as diferentes sensibilidades dos genótipos às mudanças de ambiente (Arriel et al., 2000).

A interação genótipos x ambientes pode surgir por duas razões: (a) por diferentes respostas de igual conjunto gênico em diferentes ambientes; e (b) pela expressão de diferentes conjuntos gênicos em diferentes ambientes (Cockerham, 1963).

Os efeitos da interação genótipos x ambientes, podem ser resultados de diferentes fatores, tais como: condições ambientais, fertilidade do solo, conhecimentos tecnológicos dos produtores e sistemas de manejo adotados. Esses fatores, isoladamente ou em conjunto, podem alterar o comportamento de um genótipo, mesmo numa região de pequena extensão territorial.

A interação de genótipos x ambientes tem sido investigada em feijão-caupi, sendo mais comum serem usados como ambientes os efeitos de épocas de semeadura, locais, anos ou a combinação desses fatores (Akande, 2007).

2.6 Adaptabilidade e estabilidade fenotípica

A identificação de genótipos que apresentam alta estabilidade fenotípica, ou seja, genótipos que possuem ampla adaptabilidade, capazes de produzirem bem sob diferentes condições do meio, com amplas flutuações estacionais, é a alternativa que tem sido amplamente empregada para atenuar o efeito da interação genótipos x ambientes, podendo ser empregada em diferentes situações (Eberhart & Russell, 1966).

A estabilidade de uma cultivar pode ser medida tanto sob o ponto de vista do conceito estático (ou biológico) como dinâmico. No conceito estático, um genótipo estável possui comportamento constante, independente das variações do ambiente, não apresentando qualquer desvio em relação à sua performance.

Já no conceito dinâmico, o genótipo estável responde à variação do ambiente de forma previsível, ou seja, somente os desvios relacionados com a reação geral do genótipo contribuem para a instabilidade (Gualberto, 1991).

A interação genótipos x ambientes pode ser avaliada por meio de métodos paramétricos baseados nas análises de grupos de experimentos e o seu desdobramento em regressão, dentro de cada genótipo, em função do valor ambiental, ou por modelos não paramétricos baseados na classificação relativa das cultivares em um grupo de ambientes (Moreira et al., 2006).

Atualmente há mais de uma dezena de metodologias de análise da adaptabilidade e estabilidade destinadas à avaliação de um grupo de genótipos testados numa série de ambientes. Elas são fundamentadas na existência e interações e distinguem-se nos conceitos de estabilidade adotados e de certos princípios estatísticos empregados. A escolha de um método de análise depende dos dados experimentais, principalmente os relacionados com o número de ambientes disponíveis, da precisão requerida e do tipo de informação desejada (Cruz et al., 2004).

Nas áreas semi-áridas, a adaptabilidade e a estabilidade são caracteres muito importantes que podem determinar o sucesso ou o insucesso de uma cultivar, principalmente em cultivo de sequeiro, onde as condições ambientais são muito influenciadas pela quantidade e distribuição das chuvas, que variam com o local e o ano (Freire Filho et al., 2001).

Os métodos baseados no uso de regressão têm sido os mais utilizados em feijão-caupi. Neste sentido, a metodologia de Eberhart & Russell (1966), baseada em regressão linear simples, tem sido a mais adotada (Miranda et al., 1997; Santos et al., 2000; Freire Filho et al., 2001 e 2002). Metodologias que usam regressão linear bissegmentada (Carvalho et al., 2006a e 2006b), não paramétrica (Rocha et al., 2007) e multivariada (Freire Filho et al., 2003 e 2005c; Rocha et al., 2007), também têm sido utilizadas.

3. REFERÊNCIAS

AGRIANUAL - ANUÁRIO ESTATÍSTICO DA AGRICULTURA BRASILEIRA. São Paulo: FNP Consultoria & Comércio, 2003. 532 p.

AKANDE, S.R. Genotype by environment interaction for cowpea seed yield and disease reactions in the forest and derived savanna agro-ecologies of south-west Nigeria. **American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Science**, v.2, n.2, p.163-168, 2007.

ALLARD, R. W. **Princípios do melhoramento genético das plantas**. Rio de Janeiro: Edgard Blucher, 1971. 381p.

ANDRADE JÚNIOR, A.S.; SANTOS, A.A.; SOBRINHO, C.A.; BASTOS, E.A.; MELO, F.B.; VIANA, F.M.P.; FREIRE FILHO, F.R.; CARNEIRO, J.S.; ROCHA, M.M.; CARDOSO, M.J.; SILVA, P.H.S.; RIBEIRO, V.Q. **Cultivo do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2003, 110p. (Embrapa Meio-Norte. Sistemas de Produção, 2).

ARRIEL N. H. C.; ANDRADE, F. P.; VIEIRA, D. J.; COUTINHO, J. L. B.; OLIVEIRA, J. S.; AMABILE, R. F.; DANTAS, E. S. B. ; PEREIRA, J. R. Análise de adaptabilidade e estabilidade de produção de sementes em gergelim. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, v. 4, n.3, p.181-191, 2000.

BEVITORI, R.; NEVES, B.P.; RIOS, G.P.; OLIVEIRA, I.P.; GUAZELLI, R.J. A cultura do caupi. **Informe Agropecuário**, v.16, n.174, p.12-20, 1992.

BEZERRA, A.A.C. Variabilidade e diversidade genética em caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) precoce, de crescimento determinado e porte ereto e semi-ereto. Recife, 1997, 105f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal Rural de Pernambuco.

BRASIL – LEI Nº 10.711, DE 5 DE AGOSTO DE 2003. Dispõe sobre o Sistema Nacional de Sementes e Mudanças e das outras providências. Disponível em: <http://www.prpe.mpf.gov.br>. Acesso em 20 de junho de 2008.

BRASIL, Ministério da Ciência e Tecnologia. Serviços – Sistema de Legislação Agrícola Federal – Lei nº 10.711 de 05 de Agosto de 2003. Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/>. Acesso em: 03 março 2008.

CARDOSO, M. J. (Org.). **A cultura do feijão caupi no Meio Norte do Brasil**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2000. 264 p. il. (Embrapa Meio-Norte. Circular Técnica, 28).

CARVALHO, H.W.L.; BRITO NETO, J.; FREIRE FILHO, F.R.; ROCHA, M.M.; RIBEIRO, V.Q.; RODRIGUES, A.R.S.; RIBEIRO, S.S.; NOGUEIRA, L.C. Adaptabilidade e estabilidade de linhagens de feijão-caupi de porte prostrado em Sergipe e Alagoas. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 2006, Teresina. **Anais**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2006a. 1 CD-ROM.

CARVALHO, H.W.L.; BRITO NETO, J.; FREIRE FILHO, F.R.; ROCHA, M.M.; RIBEIRO, V.Q.; RIBEIRO, S.S.; RODRIGUES, A.R.S. Adaptabilidade e estabilidade de linhagens de feijão-caupi de porte ereto no biênio 2004-2005. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 2006b, Teresina. **Anais**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2006b. 1 CD-ROM.

CECARELLI, S. Adaptation to low/high input cultivation. **Euphytica**, v.92, p.203-214, 1996.

COCKERHAM, C.C. Estimation of genetics variance. In: HANSON, W.D.; ROBINSON, H.F. (Eds.) **Statistical genetics and plant breeding**. Madison: National Academy of Sciences, 1963. p.53-94.

COWPEA. ORG. *Vigna unguiculata*: origin of cowpea. Disponível em <http://www.coapea.org/node/6>. Acesso em 03 de maio de 2008.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2001.390p.

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

DUARTE, J.B.; ZIMMERMANN, M.J.O. Selection of location bean (*Phaseolus vulgaris* L.) germplasm evaluation. **Revista Brasileira de Genética**, v.14, n.3, p.765-770, 1991.

EBERHART, S.A.; RUSSEL, W.A. Stability parameters for comparing varieties. **Crop Science**, v. 6, n.1, p.36-40, 1966.

EHLERS, J.D. & HALL, A.E. Cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.). **Field Crops Research**, n.53, p.187-204, 1997.

ERDCOURT, B. Studies in the Leguminosae - Papilionoidea for the flora of tropical East Africa. IV. **Kew Bulletin**, v.24, p.597-569, 1970.

FALCONER, D.S. **Introduction to qualitative genetics**. 3.ed. Harlow: Longman, 1989. 438p.

FARIS, D.G. The chromossomes of *Vigna sinenses* (L.) Savi. **Canadian Journal of Genetics and Cytology**, v.6, p.255-258, 1964.

FREIRE FILHO, F. R.; CARDOSO, M. J.; ARAÚJO, A. G. de; SANTOS, A. A. dos; SILVA, P. H. S. da. **Características botânicas e agronômicas de cultivares de feijão macáassar (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**. Teresina: EMBRAPA-UEPAE Teresina, 1981. 40 p. (EMBRAPA-UEPAE Teresina. Boletim de Pesquisa, 4).

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

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V.Q. Situação do melhoramento genético do caupi no Nordeste. In: ENCONTRO GENÉTICO DO NORDESTE, 15., Fortaleza. **Anais**. Fortaleza: SOCIEDADE BRASILEIRA DE GENÉTICA. Regional Ceará, 2000. p.23-24.

FREIRE FILHO, F.R.; RIBEIRO, V.Q.; ROCHA, M.M.; LOPES, A.C.A. Adaptabilidade e estabilidade de rendimento de grãos de genótipos de caupi de porte semi-ereto. **Revista Científica Rural**, v.6, n.2, p.31-39, 2001.

FREIRE FILHO, F.R.; RIBEIRO, V.Q.; ROCHA, M.M.; LOPES, A.C.A. Adaptabilidade e estabilidade da produtividade de grãos de linhagens de caupi de porte ereto enramador. **Revista Ceres**, v. 49, n.234, p.383-393, 2002.

FREIRE FILHO, F.R.; RIBEIRO, V.Q.; ROCHA, M.M.; LOPES, A.C.A. Adaptabilidade e estabilidade produtiva de genótipos de feijão-caupi. **Ciência Rural**, v.35, n.1, p.24-34, 2005c.

FREIRE FILHO, F.R.; RIBEIRO, V.Q.; ROCHA, M.M.; LOPES, A.C.A. Adaptabilidade e estabilidade da produtividade de grãos de genótipos de caupi enramador de tegumento mulato. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, n.5, p.591-598, 2003.

FREIRE FILHO, M.M.; CRAVO, M.S.; ROCHA, M.M.; CASTELO, E.O.; BRANDÃO, E.S.; BELMINO, C.S. **BR3 – Tracuateua purificada**: cultivar de feijão-caupi para o estado do Pará. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2005b. 4p. (Embrapa Amazônia Oriental. Comunicado Técnico, 134).

FROTA, K.M.G. Efeito do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) e da proteína isolada no metabolismo lipídico em hamsters hipercolesterolemizados. São Paulo, 2007. 136p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas da USP, Universidade de São Paulo.

FROTA, K.M.G.; SOARES, R.A.M.; ARÊAS, J.A.G. Composição química do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp), cultivar BRS Milênio. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.28, n.2, p.470-476, 2008.

GUALBERTO, R. Análise de estabilidade fenotípica de cultivares de batata (*Solanum tuberosum* L) na região sul de Minas Gerais. Lavras, 1991. 101p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura de lavras.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Sistema IBGE de Recuperação Automática / SIDRA (Produção Agrícola Municipal) <http://www.sidra.ibge.gov.br>> Acesso em 03 de março de 2008.

MARECHAL, R.; MASCHERPA, J. M; STAINIER, F. 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**, n.28, p.1-273, 1978.

MIRANDA, P.; COSTA, A.F.; OLIVEIRA, L.R.; TAVARES, J.A.; PIMENTEL, M.L. & LINS, G.M.L. Comportamento de cultivares de *Vigna unguiculata* (L.) Walp., nos sistemas solteiro consorciado. III - tipo ramador. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, v.10, n. especial, p.67-76, 1997.

MOREIRA, L.B.; PEREIRA, M.B.; LOPES, H.M. Correlação entre os parâmetros de estabilidade e de adaptabilidade de cultivares dos métodos de Cruz, Torres & Vencovsky e Moreira & Pereira. **Ciências da Vida**, v.26, n.1, p.33-41, 2006.

NG, N. Q.; MARECHAL, R. Cowpea taxonomy, origin germ plasm. In: SINCH, S. R.; RACHIE, K. O., eds. **Cowpea research, production and utilization**. Chichester: John Wiley, 1985. p.11-21.

OLIVEIRA, A.P.; SOBRINHO, J.T.; NASCIMENTO, J.T.; ALVES, A.U.; ALBUQUERQUE, I.C.; BRUNO, G.B. Avaliação de linhagens e cultivares de feijão-caupi, em Areia, PB. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n. 2, p. 180-182, 2002.

PADULOSI, S. & NG, N. Q. Origin taxonomy, and morphology of *Vigna unguiculata* (L.) Walp. In: SINGH, B .B.; MOHAN, R.; DASHIELL, K. E; JACKAI, L. E. N., eds. **Advances in Cowpea Research**. Tsukuba; IITA JIRCAS, 1997. p.1-12.

PEREIRA, C.P. Um, dois, feijão com arroz. **Revista Saúde**, n. 294, p. 14-17, 2008.
RAMALHO, M.A.P.; SANTOS, J.B.; ZIMMERMANN, M.J.O. **Genética quantitativa em plantas autógamas**: aplicação no melhoramento do feijoeiro. Goiânia: Editora UFG, 1993. cap. 6, p.131-169.

ROCHA, M. M.; FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; CARVALHO, H. W. L.; BELARMINO FILHO, J.; RAPOSO, J. A. A.; ALCÂNTARA, J. P.; RAMOS, S. R. R. & MACHADO, C. F. Adaptabilidade e estabilidade produtiva de genótipos de feijão-caupi de

porte semi-ereto na região Nordeste do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n.9, p.1283-1289, 2007.

ROCHA, M.M.; FREIRE FILHO, F.R.; SILVA, K.J.D.; RIBEIRO, V.Q.; BRRETO, A.L.H.; FRANCO, L.J.D.; BASSINELO, P.Z.; NUTTI, M.R.; CARVALHO, J.L.V.; SILVA, E.M.M.; SALVADO, L. Biofortificação do feijão-caupi no Brasil. In: SIMPÓSIO SOBRE INOVAÇÃO E CRIATIVIDADE NA EMBRAPA, 1., 2008. Brasília. **Resumos**. Brasília: Embrapa Informação tecnológica, 2008. 1 CD-ROM.

SANTOS, C.A.F.; ARAUJO, F.P.; MENEZES, E.A. Comportamento produtivo em caupi em regimes irrigado e de sequeiro em Petrolina e Juazeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.11, p.2229-2234, 2000.

SILVA, Edson Ferreira da. Hibridação interespecífica. In: DESTRO, Dionísio; MONTALVÁN, Ricardo. (Org.). **Melhoramento genético de plantas**. Londrina: UEL, 1999.

SINGH, B.B.; EHLERS, J.D., SHARMA, B, & FREIRE FILHO. Recent progress in cowpea breeding. In. FATOKUM, C. A., S. A TARAWALI, B. B. SINGH, P. M. KORMAWA, AND M. TAMÓ (editors). **Challenges and opportunities for enhancing sustainable cowpea production**. Proceedings of the World Cowpea Conference III held at the Internacional Institute of Tropical Agriculture (IITA), Ibadan, Nigeria, 4-8 September 2002. IITA, Ibadan, Nigeria.

SOUSA, I. S.; FREIRE FILHO, F. R.; LOPES, A. C. A.; ROCHA, M. M.; RIBEIRO, V. Q.; RÊGO, M. S. C. Determinação da taxa de fecundação cruzada natural em diferentes distâncias em feijão-caupi. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 2006, Teresina. **Anais**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2006. 1 CD-ROM.

STEELE, W. M & MEHRA, K. L. Structure, evolution and adaptation to farming system and environment in *Vigna*. In: SUMMERFIELD, D.R; BUNTING, A.H., eds. **Advances in Legume Science**. England: Royol Botanic Gardens, 1980. p.459-468.

TEIXEIRA, S.M.; MAY, P.H.; SANTANA, A.C. Produção e importância econômica do caupi no Brasil. In: ARAÚJO, J. P. P. de; WATT, E. E.(Org.). **O caupi no Brasil**. Brasília: IITA/Embrapa, 1988. p.99-136.

TEÓFILO, E. M.; MAMEDE, F. B. F.; SOMBRA, N. S. Hibridação natural em feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp - Fabacea). **Ciência e Agrotecnologia**, v.23, n.4, p.1010-1011, 1999.

VIEIRA, R.F.; VIEIRA, C.; CALDAS, M.T. Comportamento do feijão-fradinho na primavera-verão na zona da mata de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.7, p.1359-1365, 2000.

CAPÍTULO I

Purificação genética e seleção de genótipos de feijão-caupi para a região semi-árida piauiense¹

José Tadeu Santos Oliveira²

Maurisrael de Moura Rocha³

Francisco Rodrigues Freire Filho³

José Alves da Silva Câmara³

Valdenir Queiroz Ribeiro³

Joashlenny Alves de Oliveira⁴

RESUMO

A região Nordeste é a maior produtora de feijão-caupi no Brasil. No Estado do Piauí, terceiro produtor nordestino, variedades tradicionais e melhoradas são cultivadas, porém, as tradicionais, atualmente são escassas, devido às irregularidades climáticas e, também, devido à ocorrência de misturas varietais. O objetivo deste trabalho foi realizar a purificação genética e a seleção de genótipos de feijão-caupi para região semi-árida piauiense. Foram avaliados 20 genótipos de feijão-caupi, sendo treze tradicionais, três linhagens melhoradas e quatro cultivares melhoradas, das quais duas foram utilizadas como testemunhas.

¹Parte da dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal do Piauí (UFPI) para obtenção do título de Mestre em Agronomia.

²Instituto de Assistência Técnica e Extensão Rural do Piauí. Rua João Cabral, 2231, Pirajá, CEP 64002-150. Teresina, PI. E-mail: oliveiratadeu@yahoo.com.br

³Embrapa Meio-Norte. Caixa Postal 01, CEP 64006-220. Teresina, PI. E-mail: mmrocha@cpamn.embrapa.br; freire@cpamn.embrapa.br, valdenir@cpamn.embrapa.br, camara@cpamn.embrapa.br

⁴Engenheira Agrônoma, graduada pela UFPI.

Os experimentos foram conduzidos nos municípios de São Raimundo (SRN), São Miguel do Tapuio (SMT), na região semi-árida, e em Teresina (THE). O delineamento utilizado foi em blocos casualizados, com quatro repetições. Foram avaliados os caracteres: tipo de planta (TP), acamamento (ACAM), valor de cultivo (VC), comprimento de vagem (COMPV), número de grãos por vagem (NVG), peso de 100 grãos (P100G) e produtividade de grãos (PROD). Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Scott-knott ($P < 0,05$). Os genótipos cojó-4-4 e cojó-4-10 foram selecionados da amostra cojó-4, semelhante ao Pingo de ouro-1-2, selecionado da amostra Pingo de ouro-1. Os genótipos como um todo, bem como apenas os tradicionais diferiram para todos os caracteres, exceto para a PROD. Os genótipos melhorados diferiram apenas para os caracteres COMPV, P100G ($P < 0,01$) e VC ($P < 0,05$). Entre tradicionais e melhorados, houve diferença para todos os caracteres, exceto para TP. Pingo-de-ouro-2 e Patativa apresentaram-se como boas fontes de genes para o melhoramento do P100G, TP, VC e ACAM. A cultivar melhorada BRS Xiquexique e os tradicionais Canapuzinho, Pingo de Ouro-2 e Canapu-BA são promissores para a produtividade de grãos.

Palavras chave: *Vigna unguiculata*, cultivares, produtividade, qualidade.

ABSTRACT

Genetic purification and selection of cowpea genotypes for Piauí semi-arid region

Northeast region is the largest producer of cowpea in Brazil. In the state of Piauí, Northeastern third producer, traditional and improved varieties are cultivated, but the traditional, currently are scarce, due to climatic irregularities, and also because the occurrence of varieties mixed. The aim of his work was to the genetic perform and to select cowpea genotypes to Piauí semi-arid region. Twenty cowpea genotypes, being fourteen traditional, four lines improved and two improved cultivars were evaluated. Improved cultivars were used as controls. The experiments were carried out at municipalities of São Raimundo Nonato (SRN), São Miguel do Tapuio (SMT), in semi-arid region, and in Teresina (THE). These were designed in a randomized blocks, with four replications. Following characters were evaluated: plant type (TP), lodging (ACAM), culture value (VC), pod length (COMPV), number of seeds per pod (NVG), weight of 100 seeds (P100G) and seed yield (PROD). Data were submitted to analysis of variance and averages compared by Scott-knott test ($P < 0.05$). Cojó-4-4 and Cojó-4-10 genotypes were selected of the sample Cojó-4, similar to Pingo-de-Ouro-1-2, selected of the sample Pingo-de-Ouro-1. Genotypes as one all and the traditional differed for all the characters, except for PROD. Improved genotypes differed only for the characters COMPV, P100G ($P < 0.01$) and TP ($P < 0.05$). There were differences between traditional and improved genotypes for all the characters, except for TP. Among the traditional cultivars, Canapuzinho, Pingo de Ouro-2 and Canapu-BA highlighted by presenting higher PROD. Pingo de Ouro-2 and Patativa cultivars appear to be good sources of genes for improving the P100G, TP, VC and ACAM. Improved BRS Xiquexique cultivar and traditional Canapuzinho, Pingo-de-Ouro-2 e Canapu-BA cultivars are promising for grain yield.

Key words: *Vigna unguiculata*, cultivars, yield, quality.

INTRODUÇÃO

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) é uma leguminosa (Fabaceae) de grande importância socioeconômica, possui em média, 23% a 25% de proteínas, 62% de carboidratos, apresenta todos os aminoácidos essenciais, vitaminas e minerais, além de grande quantidade de fibras dietéticas, baixa quantidade de gordura (teor de óleo de 2% em média) e não contém colesterol. Sendo assim, uma cultura de grande valor nutritivo, que junto com o arroz, constitui alimento básico para as populações urbana e rural do Nordeste brasileiro (Andrade Júnior et al., 2003).

O feijão-de-corda possui baixa exigência hídrica, podendo desenvolver-se em solos de baixa fertilidade e apresenta boa capacidade de fixar nitrogênio atmosférico, em simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium*. É cultivado principalmente para produção de grãos, secos ou verdes, para o consumo humano, além de ser usado como forragem verde, feno, ensilagem e, ainda como adubo verde e proteção do solo (Freire Filho et al., 2005a).

A região Nordeste é a maior produtora de feijão-caupi do país (45%), com uma média nos últimos dez anos de 367.311 ton. O Estado do Piauí é o terceiro maior produtor nordestino, com uma média de 44.752 ton. (95%) (Hetzel, 2006)ⁱ, oriunda, principalmente, da produção familiar, das áreas semi-áridas. É uma cultura grande geradora de emprego (um para cada hectare plantado), renda e de suprimento alimentar (Freire Filho et al., 2001). Considerando a área plantada no Estado Piauí em 2007 (233.920 ha.), a cultura foi responsável pela geração de, aproximadamente, 234 mil empregos somente nesse Estado (IBGE, 2008).

Na Região Meio-Norte e no Estado do Pará, já se observa uma diversificação dos sistemas de produção do feijão-caupi, de um lado os pequenos produtores, com pouco ou nenhum uso de tecnologia e produção em pequena escala; do outro, produtores empresários, cujos sistemas de produção já incorporam várias tecnologias, inclusive a colheita mecanizada, e com produção em média e larga escala. Esses dois tipos de produtores vêm se mostrando complementares na oferta do produto.

ⁱ Informação pessoal de Sandra Hetzel – consultora econômica da homepage UNIFEIJÃO – São Paulo, SP, 2006.

Os pequenos produtores produzem para o consumo próprio e para o mercado de pequenos centros de consumo, principalmente mercearia e feiras, enquanto os grandes direcionam sua produção para cerealistas e empacotadores dos centros urbanos. Os grandes produtores, porém, têm maior facilidade de acesso ao crédito, à assistência técnica e a consultoria privada, enquanto os pequenos produtores não têm ou têm pouco acesso a esses serviços. Desse modo, a parte da cadeia produtiva, relacionada aos pequenos produtores, tem vários pontos de estrangulamento, que comprometem o desempenho da cultura, o retorno econômico de sua exploração e a competitividade dos produtores.

Um dos pontos de estrangulamento que tem sido mencionado pelos pequenos produtores e reconhecido pelos técnicos do setor é a falta de sementes de boa qualidade na época certa. Isso faz com que os produtores utilizem grãos adquiridos nas feiras, e o governo, para contornar essa deficiência, compra sementes em outros Estados, não adaptadas às nossas condições agro-climáticas e não aceitas no mercado, de certo modo restrito, quando se trata de pequena produção. Esse problema já está ocorrendo nas áreas semi-áridas de outros estados da Região Nordeste e que vem mobilizando as comunidades dessas áreas, para melhorar o acesso à semente (Almeida & Cordeiro, 2002).

O Nordeste e principalmente o Estado do Piauí é muito rico em cultivares tradicionais, locais ou crioulas, porém esses materiais estão cada vez mais escassos, devido às irregularidades climáticas, e cada vez mais misturados, devido ao processo de comercialização, no qual o comerciante ao adquirir o produto, mistura os grãos com características semelhantes, mesmo sendo de cultivares diferentes. O uso predominante dessas cultivares, associados a outros fatores, como precipitação pluviométrica irregular e baixo uso de tecnologia, contribuem para a baixa produtividade de grãos.

A purificação genética tem sido uma estratégia usada para minimizar os efeitos negativos da mistura de cultivares, tais como: perda de identidade genética, desuniformidade do cultivo e da produção, isso dificulta o manejo da lavoura e comercialização do produto, comprometendo a competitividade do negócio. A seleção de plantas individuais com teste de progênie tem sido uma estratégia utilizada para recuperar o tipo original da cultivar de feijão-caupi, como foi o caso da cultivar BR-3 Tracuateua (Freire Filho *et al.*, 2005b).

A avaliação de genótipos tradicionais e melhorados de feijão-caupi tem sido uma estratégia usada por muitos melhoristas para o desenvolvimento de cultivares altamente produtivas, adaptadas às condições edafoclimáticas de cultivo (semi-árido, principalmente) e estáveis aos fatores bióticos (vírus, pulgões, percevejos, cigarrinhas, tripses e outros) e abióticos (seca, calor e outros). Alguns trabalhos foram realizados neste sentido (Fernandes *et al.*, 1993; Muleba *et al.*, 1997; Santos *et al.*, 2000; Oliveira *et al.*, 2002; Freire Filho *et al.*, 2002; Lopes *et al.*, 2006).

Este trabalho teve como objetivo realizar a purificação genética e a seleção de genótipos tradicionais e melhorados de feijão-caupi, para cultivo na região semi-árida Piauiense.

MATERIAL E MÉTODOS

Material genético

O material experimental foi constituído de 20 genótipos, sendo 13 cultivares tradicionais, três linhagens e quatro cultivares melhoradas, das quais duas foram utilizadas como testemunhas (Anexo 1). Todos genótipos são originários do Programa de Melhoramento genético de Feijão-caupi. Detalhes visuais das sementes dos genótipos de feijão-caupi são apresentados nas Figuras de 1, 2 e 3.

Das cultivares tradicionais, algumas são resultantes de coletas realizadas na região semi-árida piauiense, com a participação dos produtores, como é o caso das cultivares Canapuzinho, Sempre verde-PI e Sempre verde-2, coletadas no município de São Raimundo Nonato-PI (Assentamento Lagoa Novo Zabelê); Santo Inácio, Cojó-1, coletadas no município de São Miguel do Tapuio-PI, sendo a Santo Inácio, coletada no Assentamento Saco do Juazeiro. As outras cultivares foram obtidas no Banco de Germoplasma de feijão-caupi da Embrapa Meio-Norte.

Essas cultivares foram analisadas quanto à pureza genética, antes das avaliações em campo, tendo todas apresentadas misturas, desse modo, cada uma foi separada em seus componentes, retendo-se para o estudo o componente que correspondia a cultivar.

A avaliação da pureza genética das amostras das cultivares tradicionais coletadas e descritas acima, foi realizada no Setor de Feijão-caupi da Embrapa Meio-Norte. As cultivares tradicionais em sua totalidade apresentaram misturas. O componente de maior participação na cultivar geralmente correspondia à verdadeira cultivar. As cultivares e os componentes delas originados, os quais tinham valor agrônômico, foram multiplicados em condições de telado, na Embrapa Meio-Norte, em Teresina, PI. O plantio em telado teve como objetivo multiplicar as sementes para os ensaios em campo e assegurar a não ocorrência de cruzamentos naturais.

Em 2007, todos os componentes foram novamente multiplicados em campo separadamente, com suas respectivas plantas sendo semeadas e colhidas individualmente.

As plantas que foram semelhantes quanto aos caracteres tipo de folha, cor de flor, porte e arquitetura, cor da vagem imatura e madura, cor, forma e tamanho dos grãos e ciclo foram utilizadas para recompor o referido componente; as plantas fora desse padrão foram eliminadas.



Figura 1. Aspectos físicos dos grãos dos genótipos Canapuzinho, Canapuzinho-2, Sempre Verde-PI, Sempre verde-2, Santo Inácio e Cojó-1. Obs: as fotos não estão na mesma escala.



Figura 2. Aspectos físicos dos grãos dos genótipos Cojó-4-4, Cojó-4-10, Inhuma, Pingo-de-Ouro-1-2, Pingo-de-Ouro-2, Patativa, Canapu-BA e Canapu Precoce. Obs: as fotos não estão na mesma escala.

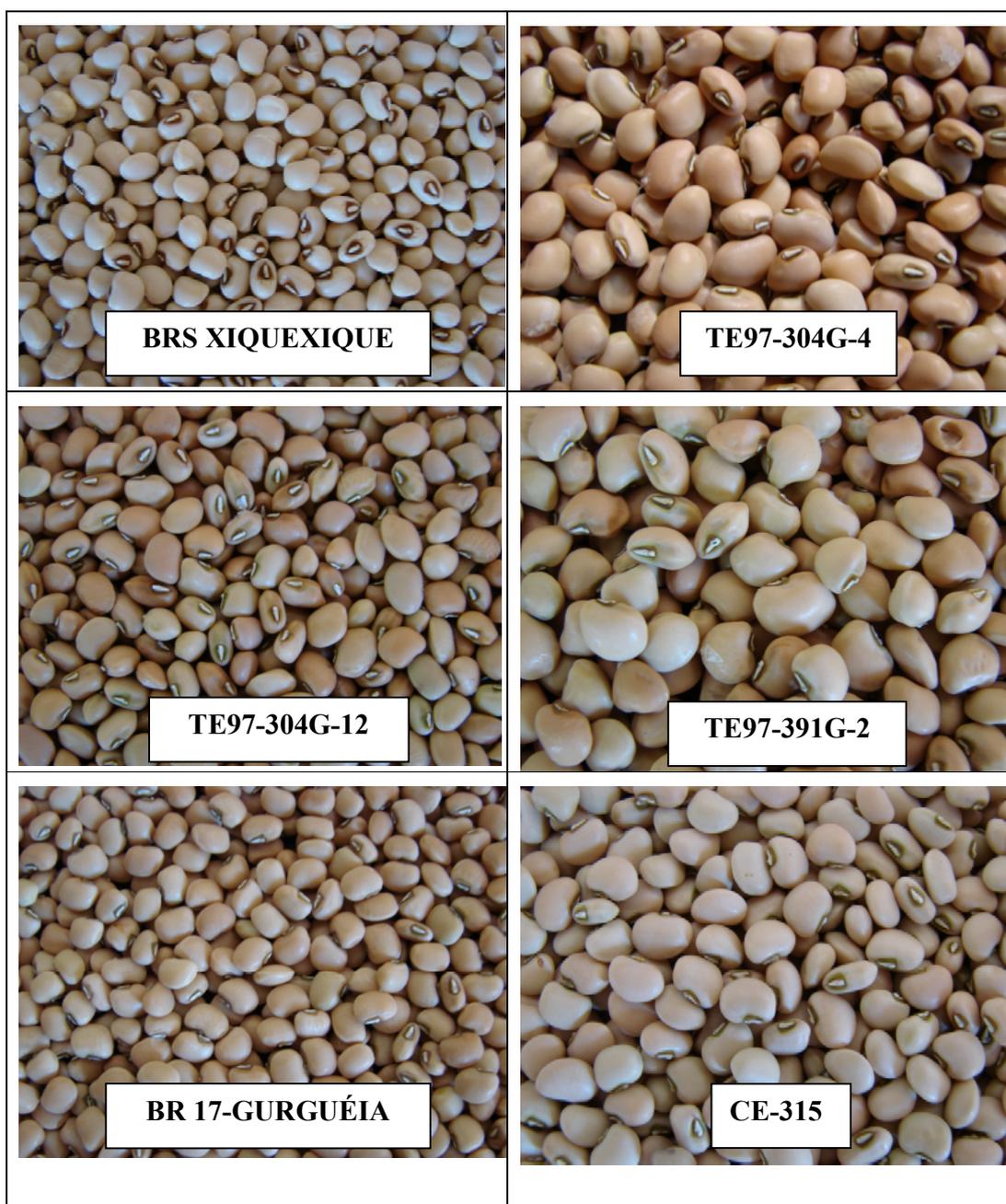


Figura 3. Aspectos físicos dos grãos dos genótipos BRS Xiquexique, TE97-304G-4, TE97-304G-12, TE97-391G-2, BR 17-Gurguéia e CE-315. Obs: as fotos não estão na mesma escala.

Ambientes de condução dos experimentos

Os experimentos foram conduzidos em duas comunidades de assentados na região semi-árida, que se destacam pela tradição na produção de feijão-caupi: Saco do Juazeiro, no município de São Miguel do Tapuio; Lagoa Novo Zabelê no município de São Raimundo Nonato, além do campo experimental da Embrapa Meio-Norte, no município de Teresina, no estado do Piauí.

Todos os experimentos foram conduzidos no período das chuvas, em condições de sequeiro. Os ambientes de avaliação constituíram-se da combinação de três locais e dois anos, que constituíram os seguintes ambientes: Teresina 2006 (THE 06); Teresina 2007 (THE 07); São Raimundo Nonato 2006 (SRN 2006); São Raimundo Nonato 2007 (SRN 07) e São Miguel do Tapuio 2007 (SMT 07). O ensaio de São Miguel do Tapuio em 2006 foi perdido. Desse modo restauram cinco ambientes, cujas características constam no Anexo 2.

Manejo dos experimentos

O preparo do solo foi similar para todos os experimentos e constitui-se de uma aração e duas gradagens. A semeadura e adubação foram feitas conjuntamente com o uso de matraca.

Foram adubados apenas os ensaios de SRN 2006, SRN 2007 e SMT 2007, de acordo resultados da análise dos solos (Anexo 3), utilizando-se 200 kg ha⁻¹ de SFS e 34 kg ha⁻¹ de Kcl, para SRN e 300 kg ha⁻¹ de SFS e 34 kg ha⁻¹ de Kcl para SMT.

Foi realizado o controle de pragas, principalmente pulgões e percevejos, com aplicação de inseticida (Dimethoato a 1,2 L ha⁻¹ + 50g de Thiamethoxam e Carbaryl a 1,2 L ha⁻¹) e de ervas daninhas, através de capinas manuais e a tração animal.

Delineamento experimental

Utilizou-se o delineamento experimental de blocos casualizados, com 20 tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram representados por uma parcela com dimensões de 3,0 m x 5,0 m, compostas por quatro fileiras, sendo usadas as duas centrais como área útil para coleta de dados.

O espaçamento entre fileiras foi de 0,75 m, e de 0,25 m entre covas, dentro da fileira. Foram colocadas quatro sementes por cova e aos 20 dias após a semeadura foi realizado um desbaste para uma planta por cova.

Caracteres avaliados

Em todos os ensaios foram avaliados, no estágio de maturidade, os seguintes caracteres: tipo de planta - TP (escala de nota: 1-ereta, 2-semi-ereta, 3-semi-prostrada e 4-prostrada); acamamento - ACAM (escala de nota variando de 1 a 5, sendo 1 o genótipo sem acamamento e 5 o genótipo totalmente acamado); valor de cultivo - VC (escala de nota variando de 1 a 7, sendo 1 o genótipo com péssimas características agronômicas e 7 o genótipo com ótimas características agronômicas); comprimento de vagem - COMPV (cm); número de grãos por vagem - NGV; peso de 100 grãos - P100G (g) e produtividade de grãos - PROD (kg ha⁻¹).

Análises estatísticas

Foram realizadas análises de variância individual para cada local e depois o teste de homogeneidade de variâncias, obedecendo ao critério de relação máxima igual a 7 para o quociente entre o maior e menor quadrados médios do Erro (Pimentel Gomes, 1990). Em seguida, realizou-se uma análise conjunta de variância reunindo os três locais e os dois anos, na fonte de variação ambientes, tendo como principal objetivo determinar possíveis interações de genótipos com ambientes. Para efeito da análise de variância conjunta, considerou-se como fixo o efeito de genótipos e como aleatório o efeito de ambientes. O modelo estatístico utilizado foi:

$$Y_{ij} = \mu + G_i + A_j + GA_{ij} + e_{ij}$$

onde:

Y_{ij} : observação do tratamento “i”, no ambiente “j”;

μ : média geral;

G_i : efeito fixo do genótipo “i”; $i=1, \dots, I$;

A_j : efeito aleatório do ambiente “j”; $j=1, \dots, J$;

GA_{ij} : efeito aleatório da interação entre o genótipo “i” e o ambiente “j” ;
 e_{ij} : erro experimental médio associado à parcela “ij”, admitido ser independente e com distribuição normal de média zero e variância σ^2 .

Utilizou-se o teste de Scott-knott ($p < 0,05$) para comparações de médias entre os genótipos. As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se os programas Genes (Cruz, 2003) e SAS (SAS Institute, 1997).

O material genético, os experimentos conduzidos e os dados coletados neste trabalho fazem parte do projeto “Recuperação da pureza genética e seleção de cultivares de feijão-caupi em assentamentos da região semi-árida piauiense”, financiado pelo CNPq Edital 19/2004 Universal, iniciado em novembro de 2005 e concluído em fevereiro de 2008.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise de variância conjunta são apresentados na Tabela 1. Observa-se que os ambientes diferiram para todos os caracteres, evidenciando que estes apresentaram diferenças, provavelmente edafoclimáticos, conforme características observadas entre locais para pluviosidade, clima, solo, coordenadas geográficas (latitude e altitude), apresentadas no Anexo 2. Com base nas estimativas de C.V% (Coeficientes de Variação) obtidas, os caracteres, comprimento de vagem-COMPV, número de grãos por vagem-NGV, peso de 100 grãos-P100G, tipo de planta-TP, valor de cultivo-VC e acamamento-ACAM, apresentaram alta precisão experimental, relativamente à produtividade de grãos-PROD. No entanto, a precisão experimental apresentada pela PROD é mais alta do que aquelas encontradas em trabalhos desta natureza realizados com genótipos de feijão-caupi de porte prostrado (Vieira *et al.*, 2000; Oliveira *et al.*, 2002; Freire Filho *et al.*, 2002, 2003).

Os genótipos diferiram para todos os caracteres, exceto para a PROD, indicando que o grupo de genótipos avaliados apresenta comportamento produtivo similar (Tabela 1). As cultivares tradicionais comportaram-se de forma semelhante, diferindo apenas para COMPV, NVG, TP e ACAM ($P < 0,01$) e, P100G e VC ($P < 0,05$). Entre os genótipos melhorados (linhagens e cultivares melhoradas), observou-se diferenças apenas para COMPV, P100G ($P < 0,01$) e VC ($P < 0,05$).

O contraste entre genótipos tradicionais e melhorados (Tabela 1) indica que os dois grupos diferiram para todos os caracteres, exceto para o TP. Isso mostra que o comportamento médio dos genótipos tradicionais foi diferente do comportamento médio dos genótipos melhorados e que tanto os tradicionais quanto os melhorados apresentaram porte da planta tendendo mais para prostrado.

As médias dos caracteres dos vinte genótipos de feijão-caupi avaliados em cinco ambientes são apresentadas na Tabela 2. Como não foram observadas diferenças entre genótipos para a PROD, optou-se por não aplicar o teste de Scott-knott para esse caráter. Observa-se que só houve diferenças entre os genótipos, para os caracteres COMPV e P100G, pelo teste Scott-knott ($p < 0,05$). Entre as variedades tradicionais, ocorreu diferença apenas para o caráter P100G, entre Sempre verde-PI e Santo Inácio e, as demais.

Tabela 1. Análise de variância conjunta para os caracteres produtividade de grãos (PROD), comprimento de vagem (COMPV), número de grãos por vagem (NGV), peso de 100 grãos (P100G), tipo de planta (TP); valor de cultivo (VC) e acamamento (ACAM) obtidos a partir da avaliação de 20 genótipos de feijão-caupi, em cinco ambientes no estado do Piauí, no período de 2006 a 2007.

Fonte de variação	G.L	Quadrado médio						
		PROD	COMPV	NGV	P100G	TP ⁽²⁾	VC ⁽²⁾	ACAM ⁽²⁾
		(kg ha ⁻¹)	(cm)	(N ^o)	(g)	(escala de nota)	(escala de nota)	(escala de nota)
Ambientes ¹	4	3249814,52	6,33	34,60	77,78	0,062	0,254	1,298
Genótipos	19	47655,05 ^{ns}	7,85 ^{**}	**	29,32 ^{**}	0,014 ^{**}	0,059 ^{**}	0,037 ^{**}
Tradicionais (T)	12	25800,36 ^{ns}	5,55 ^{**}	**	9,91 [*]	0,016 ^{**}	0,044 [*]	0,050 ^{**}
Melhorados (M)	6	29481,93 ^{ns}	12,78 ^{**}	1,76 ^{ns}	45,93 ^{**}	0,008 ^{ns}	0,066 [*]	0,009 ^{ns}
T vs M	1	418950,00 ^{**}	5,86 ^{**}	**	19,86 ^{**}	0,013 ^{ns}	0,196 ^{**}	0,054 [*]
Resíduo	76	31108,49	0,54	1,04	4,28	0,005	0,023	0,013
C V (%)		21,01	3,83	7,38	9,45	3,66	8,84	6,80

⁽¹⁾ Efeito resultante da combinação de ano com tradicional; ⁽²⁾ Análises realizadas com dados transformados para $\sqrt{x + 0,5}$;

*, ** Significativo ao nível de 5% e 1 %, respectivamente, pelo teste F.

^{ns} Não significativo.

Tabela 2. Média dos caracteres produtividade de grãos (PROD), comprimento de vargem (COMPV), número de grãos por vagem (NGV), peso de 100 grãos (P100G), tipo de planta (TP), valor de cultivo (VC) e acamamento (ACAM) obtidos a partir da avaliação de 20 genótipos de feijão-caupi, em cinco ambientes no Estado do Piauí. Teresina, 2006-2007.

Genótipos	PROD (kg ha ⁻¹)	COMPV (cm)	NGV (Nº)	P100G (g)	TP (nota) ⁽²⁾	VC (nota) ⁽²⁾	ACAM (nota) ⁽²⁾
1	Canapuzinho	907,80	19,53 b	13,97 a	22,88 a	1,79 a	1,58 a
2	Canapuzinho-2	868,67	18,30 b	13,35 a	23,01 a	1,77 a	1,67 a
3	Sempre verde-PI	744,79	18,03 b	13,54 a	19,84 b	1,80 a	1,52 a
4	Sempre verde-2	712,52	19,22 b	13,06 a	21,97 a	1,80 a	1,65 a
5	Santo Inácio	668,88	19,39 b	14,64 a	20,14 b	1,90 a	1,67 a
6	Cojó-1	765,49	18,33 b	13,07 a	23,90 a	1,83 a	1,44 a
7	Cojó-4-4	803,38	18,35 b	12,83 a	21,23 a	1,89 a	1,49 a
8	Cojó-4-10	830,83	19,06 b	13,87 a	22,99 a	1,91 a	1,45 a
9	Inhuma	794,21	18,58 b	14,18 a	23,81 a	1,83 a	1,60 a
10	Pingo de Ouro-1-2	819,99	18,25 b	13,64 a	23,36 a	1,80 a	1,49 a
11	Pingo de Ouro-2	910,94	18,88 b	13,87 a	24,66 a	1,79 a	1,55 a
12	Canapu BA	908,11	19,29 b	14,23 a	23,47 a	1,77 a	1,50 a
13	Canapu Precoce	781,70	18,53 b	13,78 a	23,23 a	1,79 a	1,49 a
Mt	809,02	18,69	13,68	22,65	1,82	1,51	1,62
14	TE97-304G-4	929,32	19,60 b	13,74 a	21,41 a	1,77 a	1,73 a
15	TE97-304G-12	989,09	20,53 a	15,16 a	21,02 a	1,77 a	1,73 a
16	TE97-391G-2	984,90	22,18 a	14,74 a	23,82 a	1,84 a	1,57 a
17	BRS Xiquexique	1.041,15	19,86 b	14,70 a	18,32 b	1,82 a	1,58 a
18	Patativa	892,03	18,81 b	11,89 a	23,21 a	1,60 a	1,81 a
19	BR-17 Gurguéia ¹	983,11	17,49 b	14,66 a	16,07 b	1,73 a	1,79 a
20	CE-315 ¹	805,91	17,90 b	15,15 a	16,16 b	1,87 a	1,65 a
Mm	946,50	19,48	14,29	20,00	1,77	1,69	1,50
Média Geral	857,14	19,06	13,90	21,73	1,80	1,57	1,58
C.V. (%)	28,35	6,31	13,38	16,93	6,71	12,85	14,40

⁽¹⁾Testemunhas; ⁽²⁾Análises realizadas com dados transformados para $\sqrt{x+0,5}$; Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre se pelo teste de Scott-Knott ($p<0,05$).

A PROD variou de 668,88 (Santo Inácio) a 1.041,15 kg ha⁻¹ (BRS Xiquexique) (Tabela 2). Entre as cultivares tradicionais, esta variação foi de 668,88 Kg ha⁻¹ (Santo Inácio) e 910,94 Kg ha⁻¹ Pingo de Ouro-2. Baixa PROD para a cultivar Santo Inácio

também foi obtida por Freire Filho *et al.* (2002), em outro estudo envolvendo 17 linhagens e três cultivares de feijão-caupi de porte prostrado.

Os genótipos melhorados produziram mais que os tradicionais. Esse resultado evidencia que o melhoramento está sendo eficiente e corrobora com relatos da literatura, de que as cultivares tradicionais, geralmente, apresentam PROD menor que as cultivares melhoradas (Freire Filho *et al.*, 2000 e 2005).

O COMPV variou de 17,49 a 22,18 cm, cujas linhagens melhoradas TE97-391G-2 e TE97-304G-12 diferiram dos demais genótipos, apresentando as maiores médias. A média obtida neste trabalho para o COMPV (19,06 cm) é igual àquela obtida por Lopes *et al.* (2006) e superior a obtida por Santos *et al.* (2000), os quais avaliaram genótipos de feijão-caupi em condições de irrigação e de sequeiro, respectivamente.

O NGV variou de 12 (Patativa) a 15 (TE97-304G-12 e CE-315). O NGV médio foi inferior ao encontrado por Lopes *et al.* (2006) e superior ao encontrado por Freire Filho *et al.* (2002), que obtiveram valor médio de 15 e 14 grãos/vagem, respectivamente, em avaliações envolvendo 20 genótipos de feijão-caupi de porte prostrado, em cultivo de sequeiro e irrigado.

O P100G variou de 16,07 (BR-17 Gurguéia) a 24,66g (Pingo de Ouro-2). A cultivar BR-17 Gurguéia também apresentou baixo P100G em outro estudo envolvendo 20 genótipos de feijão-caupi conduzido por Freire Filho *et al.* (2002). A média dos genótipos para P100G (21,73g) está abaixo do encontrado por Lopes *et al.* (2006), em uma avaliação envolvendo cultivares locais de feijão-caupi do grupo canapu, em condições irrigadas. No entanto, dentro do aceite pelo comércio. De acordo com Freire Filho *et al.* (2000), há uma preferência por grãos com P100G em torno de 18g. A cultivar BR-17 Gurguéia também apresentou baixo P100G em outro estudo envolvendo 20 genótipos de feijão-caupi conduzido por Freire Filho *et al.* (2002). A cultivar Pingo de Ouro-2 representa uma boa fonte de genes para melhoria do P100G, no desenvolvimento de cultivares para mercados exigentes em grãos grandes, como é o caso dos estados do Ceará, Pará e Mato Grosso.

Entre as cultivares tradicionais, Pingo de Ouro-2, Canapu-BA, Canapuzinho, apresentaram bom desempenho produtivo e bom tamanho de grão; e Patativa apresentou boa arquitetura de planta e baixo acamamento, pelas baixas estimativas para TP e

excelentes características agronômicas (produção, sanidade, porte e qualidade de grão) pelo seu alto valor para VC; essas cultivares constituem-se uma boa opção para a agricultura familiar dos assentamentos Lagoa Novo Zabelê (São Raimundo Nonato-PI) e Saco do Juazeiro (São Miguel do Tapuio-PI), bem como para genitores em futuros de cruzamentos, visando o desenvolvimento de novas cultivares.

Entre todos os genótipos, a variedade melhorada BRS Xiquexique, apresentou a maior média de produtividade ($1.041,15 \text{ Kg ha}^{-1}$), com excelente valor comercial. Além de possuir alto teor nutricional (Barreto et al. 2007) e alta tolerância a seca (Bastos et al., 2008), podendo ser indicada para todo a região semi-árida piauiense.

Ao término do projeto (janeiro de 2008), foram realizadas apresentações dos resultados em cada assentamento por meio da realização de seminários, bem como a distribuição das sementes genéticas das cultivares selecionadas aos agricultores familiares que participaram da pesquisa (Figura 4). Os líderes de cada assentamento ficaram como multiplicadores dos conhecimentos adquiridos no decorrer do projeto para serem repassados a outras comunidades e a manutenção da pureza genética das cultivares doadas. O projeto beneficiará diretamente 556 famílias de assentados nesses municípios.





Figura 4. Apresentação de seminários e distribuições de sementes para agricultores familiares nos assentamentos Saco do Juazeiro (São Miguel do Tapuio-PI) e Lagoa Novo Zabelê (São Raimundo Nonato).

CONCLUSÕES

- 1 - Os genótipos melhorados foram mais produtivos que os tradicionais em condições de semi-árido piauiense.
- 2- As cultivares Pingo de Ouro-2 e Canapu BA, purificadas, representam boas opções como parentais em cruzamentos visando à melhoria do tamanho de grão, produtividade de grãos e arquitetura de planta.
- 3 – As cultivares tradicionais Canapuzinho Pingo de Ouro-2 purificadas, e a cultivar melhorada BRS Xiquexique apresentaram potencial para produtividade de grãos no semi-árido piauiense.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA P, CORDEIRO A (2002) Semente da paixão: estratégia comunitária de conservação de variedades tradicionais no semi-árido. Rio de Janeiro, AS-PTA. 72p.

ANDRADE AS, SANTOS AA, SOBRINHO CA, BASTOS EA, MELO FB, VIANA, F MP, FREIRE FILHO FR, CARNEIRO JS, ROCHA, M.M, CARDOSO, MJ, SILVA P HS, RIBEIRO V Q (2003) Cultivo do Feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) Sistema de Produção 2. Teresina, Embrapa Meio-Norte. 110p.

BARRETO ALH, FREIRE FILHO FR, ROCHA MM, FRANCO LJD, BACINELLO PZ, NUTTI MR, VIANA JL (2007) Avaliação dos teores de proteína, ferro e zinco e do tempo de cocção em germoplasma elite de feijão-caupi. In: REUNIÃO ANUAL DE BIOFORTIFICAÇÃO NO BRASIL, 2. Resumos. Niterói, Embrapa Agroindústria de Alimentos. CD-ROM.

CRUZ CD (2003) Programas Genes. Viçosa, UFV. 442p.

FERNANDES JB, HOLANDA JS, SOUZA NA, CHAGAS MCM (1993) Adaptabilidade ambiental e incidência de viroses em cultivares de caupi no Rio Grande do Norte. Pesquisa Agropecuária Brasileira 28:33-37.

FREIRE FILHO, FR, LIMA, JAA, RIBEIRO, VQ (2005a) Feijão-caupi: avanços tecnológicos. Brasília, Embrapa Informação Tecnológica, 519p.

FREIRE FILHO FR, CRAVO MS, ROCHA MM, CASTELO EO, BRANDÃO ES, BELMINO CS (2005b) BR3 – Tracuateua purificada: cultivar de feijão-caupi para o estado do Pará. Belém, Embrapa Amazônia Oriental, 4p. (Embrapa Amazônia Oriental. Comunicado Técnico, 134).

FREIRE FILHO FR, RIBEIRO VQ, SANTOS AA Cultivares de caupi para a região Meio-Norte do Brasil. In: CARDOSO J.M (2000) A cultura do Feijão-caupi no Meio-Norte do Brasil. Teresina, CPAMN. 67-88.

FREIRE FILHO FR, RIBEIRO VQ, ROCHA MM, LOPES ACA (2003) Adaptabilidade e estabilidade da produtividade de grãos de genótipos de caupi enramador de tegumento mulato. Pesquisa Agropecuária Brasileira 38:591-598.

FREIRE FILHO FR, RIBEIRO VQ, ROCHA MM, LOPES ACA (2002) Adaptabilidade e estabilidade da produtividade de grãos de linhagens de caupi enramador. Revista Ceres 49:383-393.

FREIRE FILHO FR, RIBEIRO VQ, ROCHA MM, LOPES ACA (2001) Adaptabilidade e estabilidade de rendimento de grãos de genótipos de caupi de porte semi-ereto. Revista Científica Rural 2: 31-39.

IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2008) Sistema IBGE de Recuperação Automática / SIDRA. Disponível em <[http:// www.sidra.ibge.gov.br](http://www.sidra.ibge.gov.br)> Acesso em: 03 de março de 2008.

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.

MULEBA N, OUEDRAOGO JT, DRABO I, DABIRE C (1997) Improving the efficiency in breeding cowpea adaptation semi-arid tropics. African Crop Science Journal, 5:325-340.

OLIVEIRA AP, SOBRINHO JT, NASCIMENTO JT, ALVES AU, ALBUQUERQUE IC, BRUNO GB (2002) Avaliação de linhagens e cultivares de feijão-caupi, em Areia, PB. Horticultura Brasileira, 2:180-182.

PIMENTEL-GOMES, F (1990). Curso de estatística experimental. 13.ed. Piracicaba – SP: Nobel. 468p.

SANTOS CAF, ARAUJO FP, MENEZES EA. (2000) Comportamento produtivo em caupi em regimes irrigado e de sequeiro em Petrolina e Juazeiro. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 35:2229-2234.

SAS Statistical Analysis System Institute (1997) SAS/STAT software: changes and enhancements through release 6.12. (software). Cary, SAS INSTITUTE. 1116p. CD-ROM.

VIEIRA RF, VIEIRA C, CALDAS MT (2000) Comportamento do feijão-fradinho na primavera-verão na zona da mata de Minas Gerais. Pesquisa Agropecuária Brasileira 35:1359-1365.

CAPÍTULO 2

Adaptabilidade e estabilidade produtiva de genótipos tradicionais e melhorados de feijão-caupi no semi-árido piauiense

José Tadeu Santos Oliveira⁽¹⁾, Maurisrael de Moura Rocha⁽²⁾, Francisco Rodrigues Freire Filho⁽²⁾, José Alves da Silva Câmara⁽²⁾ e Valdenir Queiroz Ribeiro⁽²⁾

⁽¹⁾Instituto de Assistência Técnica e Extensão Rural do Piauí, Rua João Cabral, S/N, Pirajá, CEP 64002-150, Teresina, PI. E-mail: oliveiratadeu@yahoo.com.br (autor correspondente) ⁽²⁾Embrapa Meio-Norte, Av. Duque de Caxias, 5650, Buenos Aires, CEP 64006-220. E-mail: mmrocha@cpamn.embrapa.br, freire@cpamn.embrapa.br, valdenir@cpamn.embrapa.br

Resumo – O objetivo deste trabalho foi avaliar a adaptabilidade e estabilidade da produtividade de grãos de genótipos tradicionais e melhorados de feijão-caupi, em cinco ambientes do Estado do Piauí, com ênfase na região semi-árida. Os ensaios foram delineados em blocos ao acaso com 20 tratamentos (genótipos) e quatro repetições, nos anos de 2006 e 2007. A adaptabilidade e estabilidade dos genótipos foram analisadas pela metodologia de Eberhart & Russell (1966). O efeito de ambientes foi mais importantes que o efeito da interação GxA e este, mais importante que o efeito de genótipos. As cultivares tradicionais foram mais instáveis, porém, melhor adaptadas aos ambientes desfavoráveis, relativamente às linhagens melhoradas, que foram mais estáveis, porém, expressaram melhor o seu potencial genético em ambientes favoráveis. A cultivar Pingo de Ouro-2 e as linhagens TE97-304G-4 e TE97-304G-12 são altamente previsíveis, mas devem ser mais recomendadas para ambientes que utilizam alta tecnologia. A cultivar Patativa e a linhagem TE97-391G-2 são altamente imprevisíveis, sendo a primeira melhor recomendada para os pequenos agricultores e a segunda para a agricultura empresarial. As cultivares Canapuzinho e Canapu-BA e a variedade melhorada Xiquexique reúnem genes para adaptabilidade e estabilidade e devem ser recomendadas para todos os ambientes da região semi-árida piauiense, tanto para o pequeno, quanto para o grande produtor.

Termos para indexação: *Vigna unguiculata*, interação genótipo x ambiente, previsibilidade.

Yield adaptability and stability of traditional and improved genotypes in the Piauí semi-arid region

Abstract – The aim of this study was to evaluate the adaptability and stability of the grain yield of improved and traditional cowpea genotypes, in five environments of the state of Piauí, Brazil, with emphasis on semi-arid region. The trials were designed in randomized complete block with 20 treatments (genotypes) and four replications in the years of 2006 and 2007. Adaptability and stability of genotypes were analyzed by Eberhart & Russell (1966) methodology. Effect of environment were more important than the effect of this genotype x environment interaction and this, more important than the effect of genotypes. The traditional cultivars were more unstable, however, better adapted to adverse environments, compared to improved genotypes, which were more stable, however, expressed his best genetic potential in favorable environments. Pingo de Ouro-2 cultivar and the TE97-304G-4 and TE97-304G-12 lines are highly predictable, but more should be recommended for environments that use high technology. Patativa cultivar and TE97-391G-2 line are highly unpredictable, being the first best recommended for small farmers and the second for agriculture business. Traditional Canapuzinho and Canapu-BA Cultivars and improved Xiquexique cultivar presents genes for adaptability and stability and should be recommended for all environments in the Piauí semi-arid region for both small, and for the great producer.

Index terms: *Vigna unguiculata*, genotype x environment interaction, predictability.

Introdução

O feijão-caupi ou feijão-de-corda (*Vigna unguiculata* L. Walp.) é um importante componente da dieta alimentar de povos em países subdesenvolvidos devido ao seu alto conteúdo de proteína nas sementes (Akande, 2007). Os maiores produtores e consumidores mundiais são a Nigéria, Niger e Brasil (Singh et al., 2002). Na região Nordeste do Brasil, encontram-se as maiores áreas plantadas, desempenhando função de destaque sócio-econômico, por ser a principal fonte de proteína vegetal, sobretudo, para a população rural, além de fixadora de mão-de-obra (Cardoso & Ribeiro, 2006) e geradora de emprego e renda (Freire Filho et al., 2005a).

A produção anual de feijão-caupi no Nordeste sofre grande variação, devido principalmente à má distribuição das chuvas e ao déficit hídrico (Freire Filho et al., 2002). Em áreas de sequeiro, a produtividade de grãos alcançada pelos agricultores é de 300 kg ha⁻¹ e as sementes utilizadas nessa condição de cultivo, normalmente, são de genótipos locais, selecionados e mantidos pelos agricultores (Santos et al., 2000).

O estudo da adaptabilidade e estabilidade da produtividade de grãos torna-se essencial em um programa de melhoramento, pois permite ao melhorista identificar tanto os fenótipos que mantêm nível estável de produtividade, independentemente das variações do ambiente, como também aqueles que respondem bem à melhoria do ambiente. Isso é importante porque esses dois tipos de materiais são indicados para diferentes tipos de produtores. Os genótipos estáveis são indicados para produtores tradicionais que não utilizam ou fazem pouco uso de insumos na cultura; já os que respondem bem a ambientes favoráveis são mais indicados para os produtores que investem na melhoria do ambiente com o uso de insumos (Freire Filho et al., 2002).

O conhecimento da adaptabilidade e estabilidade dos genótipos é uma das estratégias para amenizar os efeitos da interação genótipo x ambiente e facilitar a recomendação de cultivares. A identificação e seleção de genótipos altamente estáveis ou que apresente interação positiva com os ambientes (alta produtividade), representa um dos principais objetivos dos programas de melhoramento (Rocha et al., 2007a).

Vários trabalhos têm sido realizados em feijão-caupi com o objetivo de estudar a adaptabilidade e estabilidade de genótipos, com predominância do uso de metodologias que utilizam regressão linear (Eberhart & Russell, 1966). Esses estudos têm subsidiado o melhoramento e o lançamento de cultivares de feijão-caupi em vários Estados do Nordeste. O método de regressão linear foi utilizado em estudos conduzidos em genótipos de portes prostrado (Miranda et al., 1997; Santos et al., 2000; Freire Filho et al., 2002) e ereto (Freire Filho et al., 2001; Abreu et al., 2006). Modelos alternativos que inclui análise multivariada também têm sido adotados (Akande et al., 2007; Freire Filho et al., 2003, 2005b; Rocha et al., 2007b).

Este trabalho teve como objetivo avaliar a adaptabilidade e a estabilidade da produtividade de grãos de 20 genótipos de feijão-caupi (tradicional e melhorados), com ênfase no semi-árido piauiense.

Material e Métodos

Vinte genótipos de feijão-caupi, compreendendo 13 cultivares tradicionais, três linhagens melhoradas e quatro cultivares melhoradas, duas das quais utilizadas como testemunhas. Esses foram avaliados em cinco ensaios, nos anos de 2006 e 2007, nos municípios de São Raimundo Nonato e São Miguel do Tapuio, na região semi-árida em ecossistema de caatinga, e em Teresina região de transição caatinga – pre-amazônia, ecossistema Meio-Norte no Estado do Piauí. Todos os genótipos são procedentes da Embrapa Meio-Norte. A identificação dos genótipos é apresentada no anexo 1.

Foram realizados cinco ensaios em três locais: dois em Teresina (2006 e 2007), dois em São Raimundo Nonato (2006 e 2007) e um em São Miguel do Tapuio (2007). As características da localização e de pluviosidade de cada local encontram-se no Anexo 2.

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados com quatro repetições. As parcelas tiveram as dimensões de 3,0 m x 5,0 m, com espaçamento entre fileiras foi de 0,75 m e dentro da fileira entre covas, de 0,25 m.

Foram colocadas quatro sementes por cova e aos 20 dias após a semeadura foi realizado o desbaste para uma planta por cova, o que resulta numa população de 62.500 plantas por hectare. Os dados de produtividade de grãos (kg ha^{-1}) foram tomados nas duas fileiras centrais da parcela.

A análise de adaptabilidade e estabilidade da produtividade de grãos foi realizada pelo método de Eberhart e Russell (1966). O modelo estatístico adotado de regressão linear foi: $Y_{ij} = \beta_{0i} + \beta_{1i}I_j + \sigma_{ij} + e_{ij}$, em que: Y_{ij} é a média do genótipo i no ambiente j ; β_{0i} é a média geral do genótipo i ; β_{1i} é o coeficiente de regressão linear associado a I_j ; I_j é o índice ambiental do ambiente j ; σ_{ij} é a variância do desvio da regressão do genótipo i no ambiente j ; e e_{ij} é o erro experimental médio.

O somatório de quadrados de ambiente dentro de genótipos (QMA/G) foi decomposto em ambiente linear (QMAL), interação genótipos x ambientes linear (QMGxAL) e desvios combinados (QMDc), possibilitando a obtenção da estimativa do coeficiente de regressão linear (β_i), da variância dos desvios de regressão $\hat{\sigma}_{\delta_i}^2$ e do coeficiente de determinação (R^2). Este foi utilizado como uma medida auxiliar de estabilidade.

Cada genótipo foi caracterizado pelo β_i e $\hat{\sigma}_{\delta_i}^2$. Um valor de $\beta_i = 1,0$ indica que os genótipos modificam seu comportamento de modo regular, conforme as mudanças de qualidade do ambiente. Se β_i for maior que 1,0, os genótipos serão mais adequados para ambientes favoráveis e responderão bem à melhoria dos ambientes, mas poderão desapontar em ambientes menos favoráveis. Se β_i for menor do que 1,0, os genótipos serão menos responsivos e menos exigentes, podendo adequarem-se melhor a ambientes de qualidade inferior. Um valor de $\hat{\sigma}_{\delta_i}^2 = 0$ ou próximo de zero indica que os genótipos modificaram-se com as variações ambientais de modo previsível, obedecendo a uma linha de regressão perfeita; com $\hat{\sigma}_{\delta_i}^2$ alto o comportamento será imprevisível (Cruz et al., 2004).

As médias dos genótipos, por ambiente e geral, foram comparadas pelo teste de Scott-knott ($P < 0,05$).

Todas as análises foram realizadas com auxílio do programa Genes (Cruz, 2001).

Resultados e Discussão

Nas análises de variâncias individuais, os genótipos apresentaram comportamentos distintos ($p < 0,01$), dentro da maioria dos ambientes (Tabela 1). Os ambientes THE 2006, THE 2007, SRN 2006 e SRN 2007 apresentaram índices ambientais negativos, enquanto o ambiente SRN 2007, índice positivo. Isso sugere que somente o ambiente SMT 2007 é favorável para a produtividade de grãos, enquanto que os demais, desfavoráveis.

As médias de produtividades dos ensaios nos cinco ambientes ficaram compreendidas entre $502,88 \text{ kg ha}^{-1}$ (SRN 2007) e $1.527,26 \text{ kg ha}^{-1}$ (SMT 2007), com média geral de $857,14 \text{ kg ha}^{-1}$.

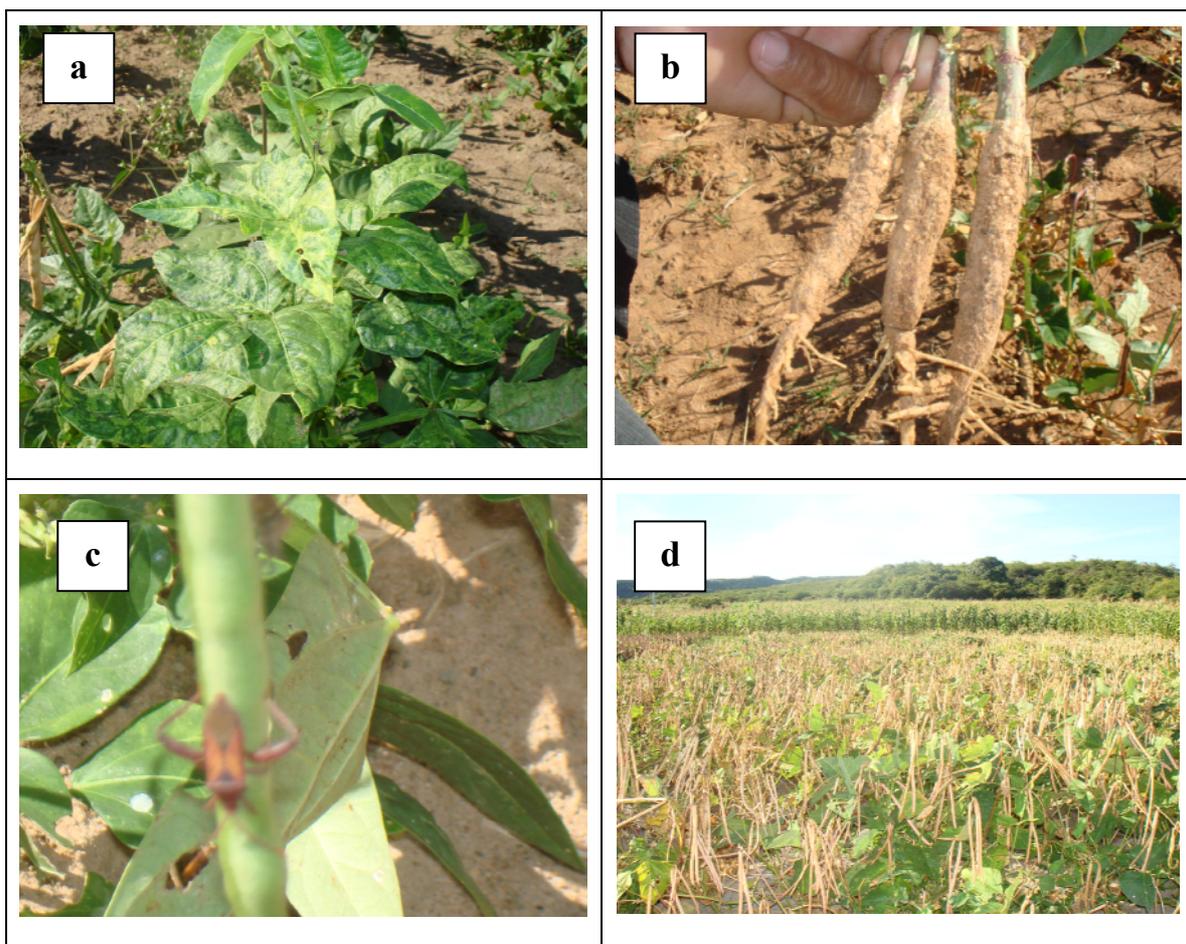
As diferenças observadas para a produtividade de grãos entre genótipos nos ambientes, provavelmente se deva às diferenças de pluviosidade e a presença de estresses abióticos, principalmente nos locais THE e SRN, no ano 2007. O local THE chueu muito na fase inicial do ciclo em 2007, relativamente ao ano 2006, ocasionando encharcamento do solo, interferindo drasticamente no desenvolvimento das plantas. No local SRN, ano agrícola 2007, houve irregularidade e baixo índice pluviométrico, além de grande presença de doenças, principalmente viroses (Figura 1a), e a grande incidência de pragas de solo (Figura 1b) e insetos sugadores, principalmente percevejos (Figura 1c), relativamente ao ano agrícola 2006. No ambiente SMT 2007, as chuvas ocorreram normalmente e não houve a presença de viroses e pragas durante o período de condução do experimento (Figura 1d).

Por conta disso, os coeficientes de variação (CV%) oscilaram de 20,59 (SMT 2007) a 35,88 (SRN 2007), com média de 28,35% e foram mais altos nos locais THE e SRN, ano agrícola 2007 (Tabela 1). No entanto, estão dentro da faixa de precisão experimental encontrada na literatura para o feijão-caupi em ensaios de produtividade conduzidos em mais de um ambiente (Freire Filho et al., 2002, 2003 e 2005b; Rocha et al., 2007b).

Tabela 1. Ambientes, anos de avaliação, índices ambientais (I_j), quadrados médios dos tratamentos e do erro das análises de variância individuais, produtividade média de grãos e coeficiente de variação experimental (C.V.) dos ensaios conduzidos na região semi-árida (São Raimundo Nonato e São Miguel do Tapuio) e Teresina, Estado do Piauí, nos anos de 2006 e 2007.

Ambiente ⁽¹⁾	Ano	I_j ⁽²⁾	Quadrados médios		Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)	C.V. (%)
			Genótipos	Erro ⁽³⁾		
1.THE	2006	I	146692,38**	35199,79**	621,40	30,19
2-THE	2007	I	73341,27 ^{ns}	66360,02 ^{ns}	832,59	30,94
3.SRN	2006	I	146971,85**	38705,80**	713,00	27,59
4.SRN	2007	I	35337,30 ^{ns}	32565,34 ^{ns}	502,88	35,88
5.SMT	2007	I ₊	287608,78**	98852,71**	1.527,26	20,89
Média					857,14	28,35

⁽¹⁾THE: Teresina, SRN: São Raimundo Nonato, SMT: São Miguel do Tapuio; ⁽²⁾I₊: ambiente favorável; I: ambiente desfavorável, definidos pelos índices ambientais; ⁽³⁾*e** Significativo a 5 e 1 % de probabilidade, respectivamente, pelo teste F; ^{ns}Não significativo.



Figuras 1. a – Sintomas de vírus em cultivares tradicionais em São Raimundo Nonato (abril, 2007); b - Presença de praga nas raízes em São Raimundo Nonato (maio,2006); c -Percevejos na fase final da cultura em São Raimundo Nonato-PI (maio, 2006); d - Fase de colheita em São Miguel do Tapuio-PI (2007).

A razão entre o maior e menor valor para os quadrados médios do erro foi de 3,03. Banzatto & Kronka (1992) mencionam que uma razão menor que sete indica que há homogeneidade das variâncias residuais obtidas nas análises, o que possibilita a realização da análise conjunta sem qualquer restrição dos ambientes.

As médias dos genótipo, por ambiente e por local, são apresentadas na Tabela 2. Observa ampla variação na produtividade de grãos decorrentes da ação diferencial dos fatores bióticos e abióticos nos cinco ambientes.

A produtividade de grãos variou de 358 kg ha⁻¹ (cultivar Cojó-1, ambiente SRN 2006) a 2.241 kg ha⁻¹ (linhagem TE97-391G-2, ambiente SMT 2007). O ambiente SRN 2007 foi o que apresentou a menor média, sendo portanto, mais afetado pelos fatores bióticos e abióticos. Os genótipos não diferiram entre si pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$) nos ambientes THE 2007 e SRN 2007. Os ambientes que mais discriminaram os genótipos foram THE 2006, SRN 2006 e SMT 2007.

Os resultados da análise de variância conjunta, segundo a metodologia de Eberhart & Russell (1966) são apresentados na Tabela 3. Foram observadas diferenças significativas pelo teste F ($p < 0,01$) para os efeitos de genótipos (G), ambientes (A) e interação GxA. Isto sugere que os genótipos e os ambientes apresentaram diferenças e que os genótipos comportaram-se diferencialmente com os ambientes. Segundo Rocha (2002), quando ocorre significância para a interação GxA, justifica-se um estudo mais aprofundado sobre o comportamento individual dos genótipos no sentido de identificar suas magnitudes de interação com os ambientes.

O efeito de ambientes foi responsável pela maior parte da variação de tratamentos (79,90%), seguida pelo efeito da interação GxA (14,53%) e por último o efeito de genótipos (5,57%) (Tabela 3). A grande magnitude para a soma de quadrados de ambientes indica que eles foram variáveis, com grandes diferenças entre médias ambientais causando a maioria da variação para a produtividade de grãos. Magnitudes maiores do que as observadas neste trabalho, para os efeitos de genótipos, ambientes e interação G x A, foram observadas no trabalho de Freire Filho et al. (2003).

Tabela 2. Médias por ambiente e por local, para o caráter produtividade de grãos (kg ha⁻¹), obtidas a partir da avaliação de 20 genótipos de feijão-caupi em cinco ambientes na região semi-árida (São Raimundo Nonato e São Miguel do Tapuio) e Teresina, estado do Piauí, nos anos de 2006 e 2007.

Genótipos	Médias (kg ha ⁻¹)							MG ⁽³⁾
	Ambiente		Local	Ambiente		Local	Ambiente/ local	
	THE-2006	THE-2007	THE ⁽¹⁾	SRN-2006	SRN-2007	SRN ⁽²⁾	SMT-2007	
1 Canapuzinho	667,0 a	896,1 a	781,5 a	720,9 a	432,6 a	597,4 a	1.703,6 a	907,8 a
2 Canapuzinho-2	625,7 b	730,7 a	678,2 a	847,6 a	452,3 a	678,2 a	1.583,1 b	868,7 a
3 Sempre verde-PI	459,9 b	721,3 a	590,6 a	513,4 b	434,2 a	479,5 a	1.517,5 b	744,8 a
4 Sempre verde-2	415,4 b	688,4 a	551,9 a	518,3 b	507,1 a	513,5 a	1.382,1 b	712,5 a
5 Santo Inácio	242,7 b	665,0 a	453,8 a	375,8 b	456,8 a	410,5 a	1.551,2 b	668,9 a
6 Cojó-1	454,3 b	934,3 a	694,3 a	358,2 b	526,5 a	430,3 a	1.494,5 b	765,5 a
7 Cojó-4-4	520,4 b	1.019,5 a	769,9 a	681,4 a	457,8 a	585,6 a	1.251,5 b	803,4 a
8 Cojó-4-10	415,9 b	875,4 a	645,6 a	527,1 b	745,1 a	620,5 a	1.569,3 b	830,8 a
9 Inhuma	561,7 b	855,9 a	708,8 a	792,5 a	440,9 a	641,8 a	1.231,7 b	794,2 a
10 Pingo de Ouro-1-2	629,5 b	629,7 a	629,6 a	737,2 a	464,3 a	620,2 a	1.550,4 b	820,0 a
11 Pingo de Ouro-2	701,3 a	840,4 a	770,8 a	704,3 a	372,8 a	562,2 a	1.801,4 a	910,9 a
12 Canapu-BA	584,5 b	753,2 a	668,8 a	1.014,0 a	382,2 a	743,2 a	1.675,3 a	908,1 a
13 Canapu Precoce	781,6 a	824,0 a	802,8 a	630,7 b	398,2 a	531,1 a	1.178,1 b	781,7 a
14 TE 97-304G-4	680,7 a	1.051,0 a	865,8 a	858,2 a	615,2 a	754,1 a	1.363,0 b	929,3 a
15 TE 97-304G-12	849,3 a	966,2 a	907,8 a	756,3 a	513,6 a	652,3 a	1.741,2 a	989,1 a
16 TE 97-391G-2	443,2 b	830,4 a	636,8 a	621,4 b	722,4 a	664,7 a	2.241,6 a	984,9 a
17 BRS Xiquexique	857,0 a	955,9 a	906,4 a	883,8 a	576,6 a	752,1 a	1.816,3 a	1.041,1 a
18 Patativa	966,4 a	740,5 a	853,4 a	1.029,2 a	390,7 a	755,5 a	1.208,1 b	892,0 a
19 BR 17-Gurguéia	943,2 a	1.047,0 a	995,1 a	962,0 a	648,4 a	827,6 a	1.231,3 b	983,1 a
20 CE-315	628,9 b	627,2 a	628,0 a	728,0 a	519,9 a	638,8 a	1.454,2 b	805,9 a
Média geral	621,4	832,6	726,9	713,0	502,9	622,9	1.527,2	857,1 ⁽⁴⁾

⁽¹⁾Média do genótipo no local Teresina; ⁽²⁾Média do genótipo no local São Raimundo Nonato; ⁽³⁾Média do genótipo, considerando todos os ambientes; ⁽⁴⁾Média geral. Médias seguidas pela mesma letra nas colunas, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott- Knott a 5% .

O efeito de ambientes dentro de genótipos (A/G) e dos efeitos advindos de sua decomposição (A linear, GxA linear e desvio combinado) foram significativos. O efeito de E linear foi importante, indicando que os ambientes apresentam variações significativas nas médias dos genótipos. Segundo Rocha (2002), a significância para GxA linear indica a existência de diferenças entre os coeficientes de regressão e que uma grande parte da interação GxA pode ser explicada pela relação linear entre os genótipos e os ambientes. A alta significância para os desvios da regressão sugere que tanto os componentes lineares como não-lineares da estabilidade encontram-se envolvidos nos desempenhos dos genótipos nos ambientes.

A presença de componentes não-lineares indica que a regressão apresenta limitações para explicar o comportamento de alguns genótipos frente às variações ambientais. De fato se analisarmos o coeficiente de determinação para as cultivares Patativa e BR-17 Gurguéia (Tabela 2), a regressão não foi eficiente para estimar a regressão do comportamento produtiva dessas cultivares com os ambientes.

Tabela 3. Análise de variância para o caráter produtividade de grãos, segundo a metodologia de Eberhart & Russell (1966), obtida a partir da avaliação de 20 genótipos de feijão-caupi em cinco ambientes na região semi-árida (São Raimundo Nonato e São Miguel do Tapuio) e Teresina, PI, nos anos de 2006 e 2007.

Causas de variação	GL	Soma de Quadrado	Quadrado médio	%SQ _T ⁽¹⁾
Blocos	3		965367,08**	
Genótipos (G)	19	3622472,32	179678,52**	5,57
Ambientes (A)	4	51996095,79	12394634,07**	79,90
GxA	76	9457586,41	121891,26**	14,53
A/G	80		768171,02**	
A Linear	1		51996095,79**	
GxA Linear	19		229829,10**	
Desvio combinado	60		847,22*	
Resíduo	277		59066,16	

⁽¹⁾Porcentagem da soma de quadrados de tratamentos (G+A+GxA); *e** Significativo a 5 e 1 % de probabilidade, respectivamente, pelo teste F; ^{ns}Não significativo.

As estimativas de parâmetros para a adaptabilidade e estabilidade, segundo o modelo de Eberhart & Russell (1966) são apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4. Estimativas de médias (β_0), coeficiente de regressão (β_1), variância dos desvios de regressão ($\hat{\sigma}_{\delta_i}^2$) e coeficiente de determinação (R^2), segundo o método de Eberhart & Russell (1966), obtidas de 20 genótipos de feijão-caupi avaliados em seis ambientes na região semi-árida (São Raimundo Nonato e São Miguel do Tapuio) e Teresina, PI, nos anos de 2006 e 2007.

	Genótipos	β_0 (kg ha ⁻¹)	% da MG (%)	$\beta_1^{(1)}$	$\hat{\sigma}_{\delta_i}^2$ ⁽²⁾	R^2 (%)
1	Canapuzinho	884,04	5,31	1,20 ^{ns}	-13165,47 ^{ns}	99,49
2	Canapuzinho-2	847,88	1,01	1,06 ^{ns}	-4236,01 ^{ns}	95,84
3	Sempre verde-PI	729,26	-13,13	1,12 ^{ns}	-10374,18 ^{ns}	98,41
4	Sempre verde-2	702,26	-16,34	0,95 ^{ns}	-5864,49 ^{ns}	95,67
5	Santo Inácio	658,30	-21,58	1,24 ^{ns}	13675,22 ^{ns}	92,17
6	Cojó-1	753,56	-10,23	1,08 ^{ns}	26921,47*	85,77
7	Cojó-4-4	786,12	-6,35	0,77 ^{ns}	10396,94 ^{ns}	83,60
8	Cojó-4-10	826,56	-1,53	1,02 ^{ns}	31196,39*	83,16
9	Inhuma	776,54	-7,49	0,72 ^{ns}	-4032,44 ^{ns}	91,36
10	Pingo de Ouro-1-2	802,22	-4,43	1,04 ^{ns}	-2793,22 ^{ns}	95,13
11	Pingo de Ouro-2	884,04	5,31	1,33*	-9147,13 ^{ns}	98,56
12	Canapu-BA	881,84	5,05	1,17 ^{ns}	20602,29 ^{ns}	89,41
13	Canapu Precoce	762,52	-9,16	0,65*	3511,30 ^{ns}	82,23
14	TE 97-304G-4	913,62	8,84	0,72**	-3922,89 ^{ns}	91,14
15	TE 97-304G-12	965,32	15,00	1,13**	-5925,82 ^{ns}	95,93
16	TE 97-391G-2	971,74	15,76	1,72**	43228,12**	91,70
17	BRS Xiquexique	1.017,92	21,26	1,15 ^{ns}	-10063,23 ^{ns}	98,40
18	Patativa	866,98	3,28	0,54**	52903,51**	48,66
19	BR 17-Gurguéia	966,38	15,12	0,45**	263,39 ^{ns}	74,72
20	CE-315	791,64	-5,69	0,91 ^{ns}	-4272,46 ^{ns}	94,48
	Média	622,95				

⁽¹⁾* e ** Significativo a 5 e 1 % de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

⁽²⁾* e ** Significativo a 5 e 1 % de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

^{ns}Não significativo.

Entre os genótipos tradicionais, pode-se verificar que a cultivar Pingo de Ouro-2 apresenta coeficiente de regressão (β_1) significativo e maior que 1 e coeficiente de determinação (R^2) acima de 80%, sugerindo que este possui grande capacidade de explorar vantajosamente os estímulos ambientais, apresentando adaptabilidade específica a ambientes favoráveis, no entanto, com alta estabilidade, já que apresenta variância dos desvios de regressão ($\hat{\sigma}_{\delta_i}^2$) não significativa.

De acordo com a metodologia de Eberhart & Russell (1966), existem três cultivares tradicionais ideais, com adaptabilidade ampla e estabilidade alta, com (β_0) alto, $\beta_1=1$ e $\hat{\sigma}_{\delta_i}^2 = 0$, Canapuzinho, Canapuzinho-2 e Canapu-BA. Entre os genótipos tradicionais não houve nenhum que apresentasse simultaneamente instabilidade ($\hat{\sigma}_{\delta_i}^2$ significativamente $\neq 0$) e adaptabilidade a ambientes favoráveis ($\beta_1 > 1$).

Considerando apenas as três cultivares tradicionais mais produtivas (Figura 2), temos que as cultivares Canapuzinho e Canapu-BA se adaptam melhor aos ambientes desfavoráveis, enquanto que a cultivar Pingo de Ouro-2 apresenta melhor desempenho nos ambientes favoráveis.

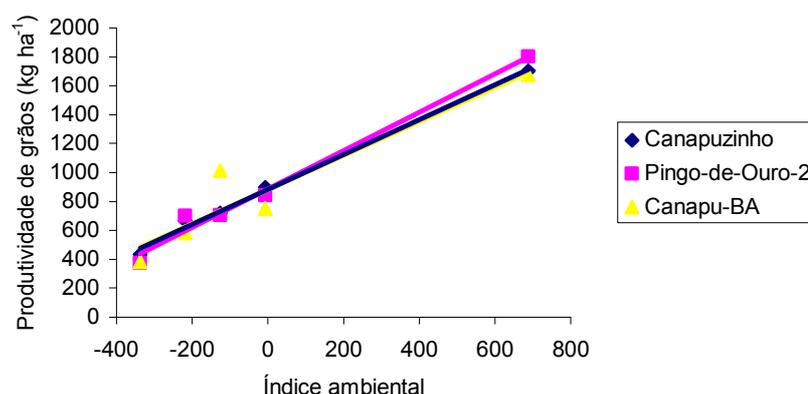


Figura 2. Linhas de regressão dos três genótipos tradicionais mais produtivos, avaliados em cinco ambientes do estado do Piauí, estimadas pelo método de Eberhart & Russell (1966).

Entre os genótipos melhorados, pode-se verificar que as linhagens TE97-304G-4 e TE97-304G-12 apresentaram coeficiente de regressão (β_1) significativo e coeficiente de determinação (R^2) acima de 80%. Esses resultados sugerem que esses genótipos possuem grande capacidade de explorar vantajosamente os estímulos ambientais, com o primeiro apresentando adaptabilidade a ambientes desfavoráveis ($\beta_1 < 1$) e o segundo a ambientes favoráveis ($\beta_1 > 1$), no entanto, com alta estabilidade, já que apresentam variância dos desvios de regressão ($\hat{\sigma}_{\delta_i}^2$) não significativos.

A cultivar BR 17-Gurguéia apresentou alta estabilidade, com adaptação a ambientes desfavoráveis. O comportamento estável para a cultivar BR 17-Gurguéia é discordante daquele encontrado por Freire Filho et al. (2003), no qual encontrou instabilidade para essa cultivar, no entanto, relativamente a outro grupo de genótipos de porte prostrado. Já a cultivar Patativa, por ter apresentado $\hat{\sigma}_{\delta_i}^2$ significativo é altamente instável, mas se adapta bem as condições ambientais desfavoráveis ($\beta_1 < 1$, significativo). Instabilidade para a cultivar Patativa também foi encontrada por Abreu et al. (2006). Para ambas as cultivares, houve baixa confiabilidade de resposta, conforme baixa precisão apresentada pelo coeficiente de determinação. Segundo Rocha (2002), valores de $R^2 < 80\%$ denotam baixa confiabilidade nas estimativas de regressão.

A linhagem TE97-391G-2, por ter apresentado $\hat{\sigma}_{\delta_i}^2$ significativo é altamente instável, mas aproveita bem as condições ambientais favoráveis ($\beta_1 > 1$), podendo ser indicada para os agricultores do semi-árido que utilizam mais tecnologia no manejo da cultura.

O genótipo melhorado ideal, segundo Eberhart & Russell (1966) é a cultivar BRS Xiquexique, pois apresenta média (β_0) alta, adaptabilidade geral ($\beta_1 = 1$) e estabilidade alta ($\hat{\sigma}_{\delta_i}^2 = 0$).

Considerando apenas os três genótipos melhorados produtivos (Figura 3), temos que a cultivar BRS Xiquexique se adapta melhor aos ambientes desfavoráveis, equanto que a linhagem TE97-391G-2 apresenta melhor performance nos ambientes favoráveis.

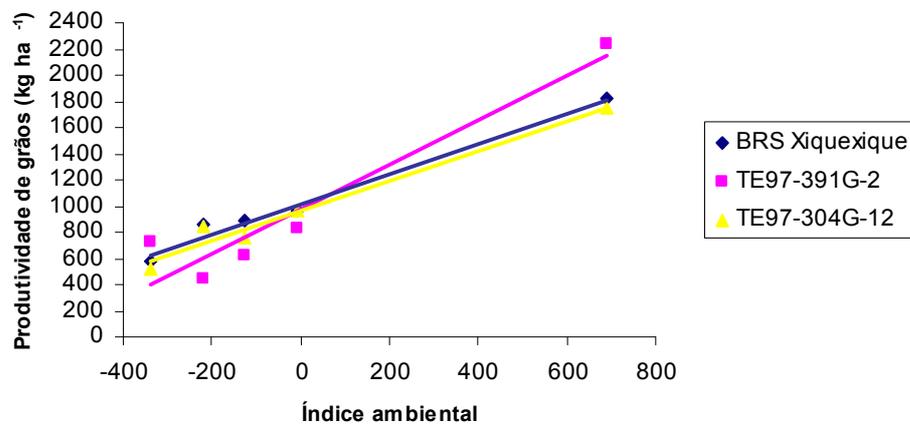


Figura 3. Linhas de regressão dos três genótipos melhorados mais produtivos, avaliadas em cinco ambientes do estado do Piauí, estimadas pelo método de Eberhart & Russell (1966).

A adaptação da cultivar BRS Xiquexique a ambientes desfavoráveis corrobora com os resultados obtidos por Bastos et al. (2008), em que essa cultivar apresentou tolerância a seca em um experimento conduzido com estresse hídrico. A alta produtividade de grãos, aliada com excelentes qualidades culinária e nutricional (Barreto et al., 2007; Rocha et al., 2008), fazem da BRS Xiquexique uma ótima opção de cultivo para os agricultores familiares da região semi-árida piauiense.

Conclusões

1. Os locais São Raimundo Nonato e Teresina são imprevisíveis com os anos agrícolas, enquanto São Miguel do Tapuio, altamente favorável para a produtividade de grãos.
2. As cultivares tradicionais são mais instáveis, porém, melhor adaptadas aos ambientes desfavoráveis, relativamente às linhagens melhoradas, que são mais estáveis, porém expressam melhor o seu potencial genético em ambientes favoráveis.

3. A cultivar Pingo de Ouro-2 e as linhagens TE97-304G-4 e TE97-304G-12 são altamente previsíveis, mas devem ser mais recomendadas para ambientes que utilizam alta tecnologia.

4. A cultivar Patativa e a linhagem TE97-391G-2 são altamente imprevisíveis, sendo a primeira melhor recomendada para os pequenos agricultores e a segunda para a agricultura empresarial.

5. As cultivares Canapuzinho e Canapu-BA e a cultivar BRS Xiquexique reúnem genes para adaptabilidade e estabilidade e podem ser recomendadas para a região semi-árida piauiense, tanto para o pequeno, quanto para o grande produtor.

Referências

ABREU, F.B.; TORRES, F.E.; SAGRILO, E.; QUIROZ, L.S.; MORES, S.C.F.C.; DAMASCENO, J.E.; BERTONCELLO, V.; FREIRE FILHO, F.R.; ROCHA, M.M. Adaptabilidade e estabilidade de linhagens de feijão-caupi de porte ereto em Mato Grosso do Sul. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 2006, Teresina. Anais. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2006. CD-ROM.

AKANDE, S.R. Genotype by environment interaction for cowpea seed yield and disease reactions in the forest and derived savanna agro-ecologies of south-west Nigeria. **American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Science**, v.2, n.2, p.163-168, 2007.

BANZATTO, D.A.; KRONKA, S.N. **Experimentação Agrícola**. Jaboticabal: FUNEP, 1992. 247p.

BARRETO, A.L.H.; FREIRE FILHO, F.R.; ROCHA, M.M.; SILVA, K.J.D.; FRANCO, L.J.D.; BASSINELO, P.Z.; NUTTI, M.R.; CARVALHO, J.L.V. Avaliação dos teores de proteína, ferro e zinco e do tempo de cocção em germoplasma elite de feijão-caupi. In: REUNIÃO ANUAL DOS COMPONENTES DOS PROGRAMAS DE BIOFORTIFICAÇÃO HARVESTPLUS E AGROSALUD SIMPÓSIO SOBRE INOVAÇÃO E CRIATIVIDADE NA EMBRAPA, 2., 2007. Niterói. **Resumos**. Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos, 2007. 1 CD-ROM.

CARDOSO, J.M.; RIBEIRO, V.Q. Desempenho agrônômico do feijão-caupi, cv. Rouxinol, em função de espaçamentos entre linhas e densidades de plantas sob regime de sequeiro. **Revista Ciência Agrônômica**, v.37, n.1, p.102-105, 2006.

CRUZ, C.D. **Aplicativo computacional em genética e estatística**. Viçosa: UFV, 2001. 648 p.

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

EBERHART, S.A.; RUSSELL, W.A. Stability parameters for comparing varieties. **Crop Science**, v.6, p.36-40, 1966.

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

FREIRE FILHO, F.R.; RIBEIRO, V.Q.; ROCHA, M.M.; LOPES, A.C.A. Adaptabilidade e estabilidade da produtividade de grãos de linhagens de caupi de porte ereto enramador. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v.49, n.234, p.383-393, 2002.

FREIRE FILHO, F.R.; RIBEIRO, V.Q.; ROCHA, M.M.; LOPES, A.C.A. Adaptabilidade e estabilidade de rendimento de grãos de genótipos de caupi de porte semi-ereto. **Revista Científica Rural**, v.6, n.2, p.31-39, 2001.

FREIRE FILHO, F.R.; RIBEIRO, V.Q.; ROCHA, M.M.; LOPES, A.C.A. Adaptabilidade e estabilidade da produtividade de grãos de genótipos de caupi enramador de tegumento mulato. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, n.5, p.591-598, 2003.

FREIRE FILHO, F.R.; RIBEIRO, V.Q.; ROCHA, M.M.; LOPES, A.C.A. Adaptabilidade e estabilidade produtiva de genótipos de feijão-caupi. **Ciência Rural**, v.35, n.1, p.24-34, 2005b.

MIRANDA, P., COSTA, A.F.; OLIVEIRA, L.R.; TAVARES, J.A.; PIMENTEL, M.L.; LINS, G.M.L. Comportamento de *Vigna unguiculata* (L.) Walp., nos sistemas solteiro e

consorciado – III: Tipo ramador. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, v.10, p.67-76, 1997. Número especial.

ROCHA, M. M. **Seleção de linhagens experimentais de soja para adaptabilidade e estabilidade fenotípica**. 2002. 174 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

ROCHA, M.M.; ANDRADE, F.N.; FREIRE FILHO, F.R.; OLIVEIRA, C.R.R.; RIBEIRO, V.Q. Adaptabilidade e estabilidade da produtividade de vagens e grãos verdes em genótipos de feijão-caupi. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 4., São Lourenço. 2007. **Anais**. Viçosa: SBMP, 2007a. 1 CD-ROOM

ROCHA, M.M.; FREIRE FILHO, F.R.; SILVA, K.J.D.; RIBEIRO, V.Q.; BRRETO, A.L.H.; FRANCO, L.J.D.; BASSINELO, P.Z.; NUTTI, M.R.; CARVALHO, J.L.V.; SILVA, E.M.M.; SALVADO, L. Biofortificação do feijão-caupi no Brasil. In: SIMPÓSIO SOBRE INOVAÇÃO E CRIATIVIDADE NA EMBRAPA, 1., 2008. Brasília. **Resumos**. Brasília: Embrapa Informação tecnológica, 2008. 1 CD-ROM.

ROCHA, M.M.; FREIRE FILHO, F.R.; RIBEIRO, V.Q.; CARVALHO, H.W.L.; BELARMINO FILHO, J.; RAPOSO, J.A.A.; ALCÂNTARA, J.P.; RAMOS, S.R.R.; MACHADO, C.F. Adaptabilidade e estabilidade produtiva de genótipos de feijão-caupi de porte semi-ereto na região Nordeste do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n.9, p. 1283-1289, 2007b.

SANTOS, C.A.F.; ARAÚJO, F.P.; MENEZES, E.A. Comportamento produtivo de caupi em regimes irrigado e de sequeiro em Petrolina e Juazeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.11, p.2229-2234, 2000.

SINGH, B.B.; EHLERS, J.D.; SHARMA, B. FREIRE FILHO, F.R. Recent progress in cowpea breeding. In: FATOKUN, C.A.; TARAWALI, S.A; SINGH, B.B.; KORMAWA,

P.M.; TAMO, M. (Ed.). **Challenges and opportunities for enhancing sustainable cowpea production**. Ibadan: IITA, 2002. p. 22-40.

ANEXOS

Anexo 1. Caracterização dos genótipos de feijão-caupi avaliados nos experimentos em São Miguel do Tapuio, São Raimundo Nonato, Teresina, PI, no período de 2006-2007.

Genótipos	TMG ¹	Procedência / Genealogia	Classe Comercial
1 Canapuzinho	Cultivar tradicional	São Raimundo Nonato - PI	Canapu
2 Canapuzinho-2	Cultivar tradicional	São Raimundo Nonato - PI	Canapu
3 Sempre verde-PI	Cultivar tradicional	São Raimundo Nonato - PI	Canapu
4 Sempre verde-2	Cultivar tradicional	São Raimundo Nonato - PI	Sempre Verde
5 Santo Inácio	Cultivar tradicional	São Miguel do Tapuio - PI	Canapu
6 Cojó-1	Cultivar tradicional	São Miguel do Tapuio - PI	Canapu
7 Cojó-4-4	Cultivar tradicional	São Miguel do Tapuio - PI	Canapu
8 Cojó-4-10	Cultivar tradicional	São Miguel do Tapuio - PI	Canapu
9 Inhuma	Cultivar tradicional	Inhuma - PI	Canapu
10 Pingo de Ouro-1-2	Cultivar tradicional	Iguatu - CE	Canapu
11 Pingo de Ouro-2	Cultivar	Iguatu - CE	Canapu

	tradicional		
12 Canapu-BA	Cultivar tradicional	BA	Canapu
13 Canapu Precoce	Cultivar tradicional	-	Canapu
14 TE97-304G-4	Linhagem melhorada	CNC x 405-17F x TE94-268-3D	Sempre Verde
15 TE97-304G-12	Linhagem melhorada	CNC x 405-17F x TE94-268-3D	Sempre Verde
16 TE97-391G-2	Linhagem melhorada	TE94-273-9D x CNC x 405-17F	Sempre Verde
17 Patativa	Cultivar melhorada	EPACE - CE	Sempre Verde
18 BRS Xiquexique	Cultivar melhorada	TE87-108-6G x TE87-98-8G	Branção
19 BR 17-Gurgueia	Cultivar melhorada	BR 10-Piauí x CE-315	Sempre Verde
20 CE-315 (TVn 2331)	Cultivar melhorada	Ibadan, Nigéria	Sempre Verde

[†]TMG: tipo de material genético.

Anexo 2. Características dos ambientes nos quais foram conduzidos os ensaios de avaliação dos genótipos de feijão-caupi, nos municípios de São Miguel do Tapuio, São Raimundo Nonato, Teresina, PI, no período de 2006 a 2007.

Ambientes	Área experimental	Precipitação Média *	Altitude (m)	Latitude	Tipo de Solo	Época de Plantio
THE-2006	EMBRAPA	1425	72,7	05°05'12"	Latosolo Amarelo	15/3/2006
THE-2007	EMBRAPA	1467	72,7	05°05'12"	Latosolo Amarelo	10/4/2007
SRN-2006	N. Zabelê	248	332	09°00'54"	Argissolo Vermelho	25/2/2006
SRN-2007	N. Zabelê	356	332	09°00'54"	Argissolo Vermelho	24/2/2007
SMT-2007	S. Juazeiro	147	285	05°30'13"	Neossolo Quartizarênico	28/2/2007

Fonte: Secretaria Estadual do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos (2008).

Anexo 3. Resultados da análise de solos das áreas onde foram conduzidos os experimentos nos assentamentos Saco do Juazeiro, município de São Miguel do Tapuio (SMT), PI e Lagoa Novo Zabelê, município de São Raimundo Nonato (SRN), PI, 2005.

Identificação		Resultados												
Local	Amostra	MO	Ph	P	K	Ca	Mg	Na	Al	H ⁺ Al	S	CTC	V	M
		g kg ⁻¹	H ₂ O	mg/dm ³					cmol _c /dm ³				%	
SRN	A1: 0-20	23,32	6,60	3,00	0,40	8,10	2,22	0,07	0,40	2,54	10,79	13,33	80,84	0,37
SRN	A2: 0-21	22,20	6,88	4,18	0,40	6,65	1,47	0,03	0,00	1,88	8,55	10,43	81,97	0,00
SRN	A3: 0-20	19,50	6,66	6,55	0,50	4,77	0,96	0,03	0,00	1,82	6,26	8,07	77,52	0,00
SRN	A4: 0-25	25,17	6,70	2,81	0,39	6,97	1,48	0,22	0,00	2,26	9,06	11,32	80,04	0,00
SMT	A1: 0-20	16,51	6,05	12,55	0,24	2,80	1,11	0,04	0,00	1,60	4,19	5,79	72,35	0,00
SMT	A2: 0-20	5,80	5,81	9,47	0,06	1,06	0,88	0,02	0,00	1,14	2,02	3,16	63,95	0,00

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)