
Documentos

on line ISSN 1808-9992 **204**
Novembro, 2007

Melhoramento Genético do Feijão-Caupi na Embrapa Semi-Árido



Embrapa

ISSN 1808-9992

Novembro, 2007

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Semi-Árido
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Documentos 204

Melhoramento Genético do Feijão-Caupi na Embrapa Semi-Árido

*Carlos Antônio Fernandes Santos
Ierla Carla Nunes dos Santos
Marciene Amorim Rodrigues*

Embrapa Semi-Árido
Petrolina - PE
2007

Esta publicação está disponibilizada no endereço:
<http://www.cpsa.embrapa.br>

Exemplares da mesma podem ser adquiridos na:

Embrapa Semi-Árido

BR 428, km 152, Zona Rural

Caixa Postal 23 56302-970 Petrolina-PE

Fone: (87) 3862-1711 Fax: (87) 3862-1744

sac@cpsa.embrapa.br

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: Nataniel Franklin de Melo

Secretário-Executivo: Eduardo Assis Menezes

Membros: Mirtes Freitas Lima

Maria Auxiliadora Coelho de Lima

Geraldo Milanez de Resende

Josir Laine Aparecida Veschi

Diógenes da Cruz Batista

Tony Jarbas Ferreira Cunha

Gislene Feitosa Brito Gama

Elder Manoel de Moura Rocha

Supervisor editorial: Eduardo Assis Menezes

Revisor de texto: Eduardo Assis Menezes

Normalização bibliográfica: Helena Moreira de Queiroga

Foto(s) da capa: Carlos Antonio Fernandes Santos

Editoração eletrônica: Nivaldo Torres dos Santos

1ª edição (2007): Formato digital

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

É permitida a reprodução parcial do conteúdo desta publicação desde que citada a fonte.

CIP - Brasil. Catalogação na publicação

Embrapa Semi-Árido

Santos, Carlos Antonio Fernandes.

Melhoramento genético do feijão / Carlos Antonio Fernandes Santos, Ierla Carla Nunes dos Santos, Marciene Amorim Rodrigues. — Petrolina : Embrapa Semi-Árido, 2007.

24 p., 21 cm. — Embrapa Semi-Árido. Documentos, (204).

1. Feijão - Cultivar. 2. *Vigna unguiculata*. I. Santos, Carlos Antonio Fernandes. II. Santos, Ierla Carla Nunes dos. III. Rodrigues, Marciene Amorim. IV. Título. V. Série.

© Embrapa 2007

Autores

Carlos Antônio Fernandes Santos

Pesquisador, Eng^o Agrônomo, Ph.D., Embrapa Semi-Árido,

Cx. Postal 23, 56302-970, Petrolina-PE.

E-mail: casantos@cpatsa.embrapa.br

Ierla Carla Nunes dos Santos

Estudante de Biologia, Estagiária da Embrapa Semi-Árido

Marciene Amorim Rodrigues

Estudante de Biologia, Bolsista CNPq/Embrapa Semi-Árido.

Sumário

	Pág.
Introdução	7
Procedimentos para hibridações, avanços de gerações e competições...	10
Análises estatísticas dos ensaios avançados	11
Análises para a qualidade tecnológica dos grãos	12
Avaliações em macroparcelas em nível de propriedades rurais	12
Seleção de linhagens avançadas nos cruzamentos com Epace 10 e BR 14 Gurguéia	13
Análises para a qualidade tecnológica dos grãos	17
Avaliações em macroparcelas em nível de propriedades rurais	18
Seleção de linhagens de crescimento determinado e porte ereto	18
Seleção de linhagens tipo 'Canapu' tolerantes às principais viroses	20
Integração de melhoramento clássico e molecular	20
Desenvolvimento de linhagens com propriedades de alimentos funcionais	21
Conclusões	22
Referências Bibliográficas	22

Melhoramento Genético do Feijão-Caupi na Embrapa Semi-Árido

Carlos Antônio Fernandes Santos

Ierla Carla Nunes dos Santos

Marciene Amorim Rodrigues

Introdução

A má nutrição com proteínas-calorias é uma síndrome nutricional que afeta milhões de pessoas em países em desenvolvimento, principalmente devido ao alto preço para obtenção de proteínas de origem animal.

Leguminosas, como o feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), são importantes alternativas para suplementação protéica de origem vegetal, desde que associadas com outras fontes calóricas, como cereais (Iqbal et al., 2006). O teor protéico dos grãos do feijão-caupi é de, aproximadamente, 25%, com valores aceitáveis de aminoácidos, exceto metionina, cistina e cisteína. A qualidade nutricional de leguminosas como o feijão-caupi é ainda limitada pela presença de fatores antinutricionais estáveis e não estáveis a altas temperaturas de cocção (Phillips et al., 2003). Segundo esses autores, leguminosas, como o feijão-caupi, são importantes fontes de fibras, minerais e vitaminas.

O feijão-caupi é cultivado no Semi-Árido brasileiro devido à sua capacidade de tolerância ao estresse hídrico e a solos pobres, quando comparado com outras leguminosas importantes como feijão comum e grão-de-bico. Ele ocupa 60% das áreas cultivadas com feijões no Nordeste brasileiro e representa 26,8% da área total plantada com feijão no Brasil (Teixeira et al., 1988). Nos Estados do Amazonas, Pará, Maranhão, Piauí, Ceará e Rio

Grande do Norte, representa de 95% a 100% do total das áreas plantadas com feijões. A área cultivada com feijão-caupi está em torno de 1.500.000 ha, a produção em torno de 550.000 t e a produtividade na faixa de 300 a 400 kg/ha (Freire Filho et al., 1999). Admitindo-se que um hectare de feijão-caupi gere 1,0 emprego/ano, a cultura deve gerar em torno de 1,5 milhão de empregos diretos, movimentando cerca R\$ 600 milhões de reais/ano.

Tradicionalmente cultivado em regime dependente de chuvas, o feijão-caupi tem sido cultivado em perímetros irrigados do Vale do São Francisco, notadamente, no segundo semestre do ano, de forma a se obter uma melhor remuneração do produto devido à menor oferta no mercado (Santos et al., 2000). Deve-se mencionar, também, que o feijão-caupi tem a capacidade de fixar biologicamente altas doses de nitrogênio atmosférico, podendo disponibilizá-lo para uma próxima cultura em sucessão (FAO, 1984) ou até mesmo em sistema de consórcio com fruteiras, por exemplo.

A baixa produtividade do feijão-caupi na região Nordeste é resultado das constantes frustrações de safras, devidas, entre outros fatores, às cultivares com ciclo superior a 60 dias para colheita de grãos secos, à alta susceptibilidade às viroses dos genótipos dos produtores e ao plantio de sementes não melhoradas. Tais frustrações têm como consequência a elevação dos preços do feijão-caupi para os consumidores, gerando crise social aguda para a população que dispõe de recursos limitados para comprar um dos alimentos básicos da dieta nordestina.

Os programas de melhoramento genético de feijão-caupi no Nordeste, notadamente os conduzidos pela Embrapa Meio Norte, Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária (IPA), antiga Empresa de Pesquisa Agropecuária do Ceará e Universidade Federal do Ceará, têm desenvolvido ou desenvolveram cultivares de ciclo superior a 60 dias para a colheita de grãos secos, mais produtivas, tolerantes às principais viroses e a algumas doenças em condições dependentes de chuva. Contudo, o desenvolvimento de cultivares para condições irrigadas ou de alta

tecnologia ainda não foi viabilizado (Santos et al., 2000). O programa de melhoramento de feijão-caupi do IPA para o estado de Pernambuco resultou no desenvolvimento de seis cultivares, sendo que a última, BR IPA 206, foi recomendada em 1989 e apresenta porte semi-ereto, ciclo de 70 dias, grãos de cor marrom claro e peso de 100 grãos de 22 g (IPA, 1989). A redução do ciclo para a colheita de grãos secos é extremamente desejável, considerando que o ciclo chuvoso do Semi-Árido é variável no espaço e no tempo e que cultivares de ciclo mais curto, associadas às técnicas de captação de água de chuva *in situ*, poderão reduzir substancialmente as frustrações de safra para o feijão-caupi. Exemplo recente nesta linha foi o desenvolvimento de cultivares de milho superprecoces, como o 'Caatingueiro' (Carvalho et al., 2004). As cultivares de feijão-caupi disponibilizadas pela pesquisa no Nordeste do Brasil têm apresentado ciclo superior a 65 dias, nas condições dos sertões pernambucano e baiano, o que as classifica como de ciclo médio a tardio. O desenvolvimento de cultivares de feijão-caupi de porte ereto para colheita mecânica está em fase inicial, apesar do potencial para cultivo em áreas irrigadas e como opção para a safrinha em áreas de cerrados. Existem grandes produtores no cerrado baiano, por exemplo, aplicando herbicida como desfolhante, no plantio de safrinha, para colheita mecânica dos grãos. Desfolhantes são proibidos na Califórnia (Jeff Ehlers, comunicação pessoal), talvez por deixarem resíduos nas plantas, e não são a melhor opção. O desenvolvimento de cultivares de feijão-caupi para a colheita mecânica, com o ideotipo próximo a uma planta de soja, ainda é um desafio mundial para os pesquisadores de feijão-caupi. O feijão-caupi 'Canapu' é um tipo mantido pelos produtores do Semi-Árido nordestino que apresenta grão ovalado, cor do tegumento de amarronzada a esbranquiçada, que, quando cozido, apresenta cor escura e excelente sabor, sendo amplamente preferido pelos consumidores do alto sertão de Pernambuco e da Bahia. Contudo, o 'Canapu' é susceptível às principais viroses, como os mosaicos dourado e severo e viroses do grupo do *Potyvirus*. Deve-se ressaltar que quase todas as cultivares desenvolvidas pela pesquisa agrícola são tolerantes ao mosaico dourado e muitas delas são tolerantes a outras viroses.

Neste trabalho, são apresentados os objetivos e resultados do melhoramento genético do feijão-caupi na Embrapa Semi-Árido, considerando o desenvolvimento e a recomendação de cultivares com peso de 100 grãos superior a 20 g, vagens compridas, tolerantes às principais viroses e cor de amarronzada a tipo sempre verde, visando o cultivo na área de influência do polo Petrolina-PE/Juazeiro-BA, tanto em regime irrigado como de sequeiro. Mais recentemente, o programa de melhoramento passou a desenvolver linhagens de cultivares de porte ereto, crescimento determinado e ciclo extra-precoce, para cultivo em áreas de alta tecnologia de irrigação, em consórcio com fruteiras, bem como cultivares tipo 'Canapu', com tolerância às doenças viróticas.

Procedimentos para hibridações, avanços de gerações e competições

Para o desenvolvimento de linhagens com peso de 100 grãos superior a 20 g, vagens compridas, tolerantes às principais viroses e cor de amarronzada a tipo sempre verde, foram identificados parentais contrastantes, com pelo menos um deles apresentando a característica a ser selecionada. Plantas, famílias e linhagens apresentando em campo sintomas de quaisquer viroses foram descartadas dos avanços de gerações e multiplicações de sementes. Para o desenvolvimento de linhagens de cultivares de porte ereto e crescimento determinado, de ciclo extra-precoce, foram introduzidos, para avaliações, 26 genótipos de porte ereto e crescimento determinado, oriundos do banco de germoplasma do USDA, EUA. Desses, apenas o genótipo PI 293588, do grupo 'blackeye', apresentou porte ereto, crescimento determinado e ciclo inferior em quinze dias em relação ao das cultivares tradicionais nordestinas, quando avaliado em casa de vegetação por três gerações. Este genótipo foi usado como parental masculino nos cruzamentos com as cultivares IPA 206, Epace 11 e BR 17 Gurguéia. Para o desenvolvimento de linhagens tipo

'Canapu', uma amostra representativa do 'Canapu', adquirida no mercado livre de Casa Nova-BA, foi usada como parental masculino nos cruzamentos com as cultivares IPA 206 e BR 17 Gurguéia. Adotou-se a seguinte escala para avaliação em campo, sem inoculação, com relação às principais viroses: O1 – sem sintomas; O2 – até 10% sintomas; O3 – de 11 a 30%; O4 – de 31 a 60%; O5 – mais de 61%. Os cruzamentos manuais foram realizados conforme procedimentos descritos por Blackhurst & Miller Junior (1980).

Os avanços de gerações foram realizados pelo método do 'pod bulk descent', por ser mais prático e tão eficiente na preservação da média e da variabilidade genética da população quanto outros métodos (Freire Filho & Ribeiro, 1993). A seleção de linhagens foi efetuada nas gerações F6 e F7, para início das avaliações para rendimento, a qual foi feita em três níveis: a) avaliação preliminar (um ano); b) ensaio preliminar (um ano); c) ensaio avançado em, pelo menos, três ambientes (dois anos). Quatro a cinco gerações foram avançadas por ano, vez que as populações foram manejadas em ambiente irrigado. Seleções para resistência em campo foram realizadas em todas as gerações, considerando que os genótipos introduzidos, bem como o genótipo 'Canapu', são susceptíveis a algumas viroses, e que as cultivares desenvolvidas no Nordeste apresentam tolerância às principais viroses da nossa região.

Realizou-se, na maioria das situações, apenas uma pulverização com inseticida, para controlar pulgões no início do estabelecimento das plantas. Não foi efetuada nenhuma adubação mineral, sendo que o efeito residual de adubos aplicados anteriormente numa cultura pode ter ocorrido em algumas situações.

Análises estatísticas dos ensaios avançados

Os procedimentos estatísticos adotados consistiram em: a) análise de variância de cada ambiente, segundo o modelo de blocos ao acaso; b) ajuste da produção de grãos (g/parcela) do estande inicial de 24 plantas/parcela, pelo método da covariância (Vencovsky & Barriga, 1992), e c) análise conjunta dos experimentos, considerando fixo o efeito dos

genótipos e aleatórios os demais efeitos, adotando-se o procedimento GLM e a opção lsmeans do programa SAS. As análises da estabilidade e da adaptabilidade dos genótipos sobre o caráter produção de grãos foram conduzidas segundo o método de Eberhart & Russell (1966), executadas no programa computacional Genes (Cruz, 1997). As cultivares controle nos dois experimentos foram IPA 206, Epace 11, Canapu e BR 17 Gurguéia.

Análises para a qualidade tecnológica dos grãos

A qualidade tecnológica dos grãos, para as melhores linhagens identificadas nos ensaios avançados, foi avaliada para as seguintes variáveis: a) percentual de embebição de água antes do cozimento (Peanc); b) percentual de embebição de água após o cozimento (Peapc); c) porcentagem de grãos inteiros após o cozimento (PGI), e d) determinação da taxa de expansão volumétrica dos grãos após o cozimento (EV), conforme procedimentos descritos por Carbonell et al. (2003). As análises estatísticas foram realizadas no programa SAS.

Avaliações em macroparcelas em nível de propriedades rurais

As melhores linhagens identificadas nos ensaios avançados foram avaliadas em macroparcelas de, aproximadamente, 200 m², para seleção de genótipos e recomendação final de cultivar para os produtores. Pulverizações com inseticidas piretróides ou sistêmicos, de baixa agressividade ao meio ambiente e ao homem, foram feitas em duas ocasiões: uma no início do ciclo da cultura, para controle de pulgões, e outra no período da floração, para controle do gorgulho. Não foi efetuada nenhuma adubação mineral, sendo que o efeito residual de adubos aplicados anteriormente numa cultura pode ter ocorrido em algumas situações, principalmente em ambientes irrigados.

Seleção de linhagens avançadas nos cruzamentos com Epace 10 e BR 14 Gurguéia

Linhagens avançadas para maior tamanho do grão e vagem, em associação com tegumento de cor marrom claro ou tipo sempre verde, foram selecionadas dentro de 13 cruzamentos, tendo, na maioria das situações, um parental de ampla adaptação e boa estabilidade (Santos et al., 2000), como Epace 10 e BR 10 Gurguéia. A cultivar Epace 10, apesar de apresentar boa plasticidade para produção em áreas irrigadas e de sequeiro (Santos et al., 2000), não tem boa aceitação entre os consumidores da região, devido, entre outros fatores, ao rápido escurecimento do grão e ao maior tempo para cocção.

Forte interação significativa genótipo x ambiente foi observada para a produtividade nos ambientes de sequeiro, irrigado e no conjunto dos dois ambientes (Tabelas 1 e 2). Estes resultados confirmam os obtidos por Santos et al. (2000), que avaliaram outros genótipos de feijão-caupi na mesma região, indicando que a capitalização favorável da interação genótipo x ambiente pode ser explorada favoravelmente e que a recomendação de cultivares avaliadas em outras regiões para a área de influência do polo Petrolina-PE/Juazeiro-BA não é a melhor estratégia. Uma rede de avaliação em diferentes ambientes está sendo formatada, considerando ambientes irrigados e dependentes de chuvas nos municípios de Petrolina, Petrolândia e Ouricuri, no Estado do Pernambuco, Juazeiro, Remanso e Ponto Novo, no Estado da Bahia, e Acauã, no Estado do Piauí.

Tabela 1. Produtividade em regime de sequeiro, irrigado e conjunto dos ambientes, parâmetros de estabilidade e adaptabilidade (Esta&Adap), dias para a maturação (DPM), mosaico severo e *potyvirus* (MSP), mosaico dourado (MDO) e peso de 100 grãos (PCG), para 32 linhagens e quatro cultivares padrões avaliadas na população de 200.000 plantas/ha, em onze diferentes locais da região de influência do dipolo Petrolina-PE/Juazeiro-BA, nos anos de 2004 e 2005.

Tratamentos	Esta&Adap (análise conjunta)			Produtividade (kg/ha)			DPM	MSP	MDO	PCG (g)
	i	di	R ² (%)	Sequeiro	Irrigado	Conjunta				
PC 95-06-15D-05	0,81 ^{ns}	16771 ^{ns}	73	756,7	1334,7	1019,1	68,7	1,1	1,0	19,7
PC 95-06-15D-06	1,12 ^{ns}	34296*	79	725,4	1403,6	1033,6	68,6	1,3	1,2	20,6
PC 95-06-15D-04	0,64**	-7960 ^{ns}	75	744,2	1157,1	933,3	71,0	1,3	1,1	20,4
PC 95-06-14D-01	1,27*	-15955 ^{ns}	94	897,8	1818,3	1316,2	67,9	1,2	1,1	16,7
PC 95-06-15D-01	0,84 ^{ns}	19954 ^{ns}	73	695,4	1219,0	933,4	69,3	1,4	1,0	20,4
PC 95-06-12D-01	0,94 ^{ns}	-14982 ^{ns}	89	789,2	1464,9	1096,5	67,7	1,2	1,2	18,3
PC 95-07-16D-02	1,08 ^{ns}	5030 ^{ns}	85	697,3	1430,7	1030,7	70,0	1,1	1,1	18,8
PC 95-07-11D-03	1,07 ^{ns}	9315 ^{ns}	84	856,6	1692,0	1234,8	67,0	1,1	1,1	19,9
PC 95-07-16D-01	1,18 ^{ns}	-7911 ^{ns}	91	685,2	1600,3	1102,4	69,2	1,2	1,0	17,8
PC 95-07-20D-01	0,72*	43254*	58	887,9	1541,8	1185,1	69,7	1,2	1,1	19,4
PC 95-07-19D-02	1,11 ^{ns}	9192 ^{ns}	85	694,5	1589,3	1101,2	71,5	1,1	1,1	19,8
PC 95-03-16D-2	0,95 ^{ns}	35343*	73	695,8	1215,2	931,9	69,3	1,3	1,1	20,6
PC 95-03-10-1	0,97 ^{ns}	-3279 ^{ns}	85	609,2	1226,9	891,3	68,3	1,3	1,1	21,1
PC 95-03-16D-3	1,05 ^{ns}	11100 ^{ns}	83	624,9	1282,4	925,1	69,6	1,3	1,1	21,2
PC 95-03-16D-1	1,10 ^{ns}	20992 ^{ns}	81	573,3	1399,0	950,0	67,8	1,4	1,3	22,1
PC 95-03-14D-1	1,04 ^{ns}	11949 ^{ns}	82	581,0	1320,6	917,2	68,8	1,5	1,3	19,2
PC 95-03-15D-1	1,02 ^{ns}	20597 ^{ns}	79	708,9	1374,0	1011,2	71,2	1,1	1,1	19,6
PC 95-01-09D-01	0,98 ^{ns}	2857 ^{ns}	84	546,3	1340,2	907,2	68,2	1,5	1,1	16,1
PC 95-12-20D-01	0,67*	35144*	57	691,5	1097,2	875,9	68,7	1,4	1,3	19,0
PC 95-06-15D-01	0,85 ^{ns}	42118*	66	646,0	1320,4	955,6	70,2	1,3	1,3	19,1
PC 95-12-06D-01	0,94 ^{ns}	-15024 ^{ns}	89	677,5	1283,5	955,6	70,1	1,3	1,1	17,9
PC 95-10-10D-01	1,03 ^{ns}	74498**	67	767,5	1705,2	1193,7	69,3	1,0	1,0	23,3
PC 95-10-10D-02	0,92 ^{ns}	-12831 ^{ns}	88	880,0	1500,7	1162,1	67,5	1,3	1,1	22,6
L 698-007	2,00**	68631**	89	637,0	1835,4	1181,7	68,2	1,1	1,1	20,5
PC 95-05-02D-1	0,40**	30763 ^{ns}	34	678,9	1076,5	859,8	75,4	1,2	1,0	18,7
PC 95-05-20D-1	1,09 ^{ns}	28634 ^{ns}	79	534,5	1410,3	934,0	73,8	1,2	1,1	21,5
PC 95-05-18D-1	1,26*	37742*	82	676,4	1417,3	1014,6	70,2	1,1	1,1	19,1
PC 95-05-18D-2	1,11 ^{ns}	-14960 ^{ns}	92	601,2	1501,0	1010,2	70,7	1,1	1,1	18,7
PC 95-05-12-1-2	1,02 ^{ns}	31404 ^{ns}	76	643,9	1377,5	977,3	72,1	1,2	1,0	24,4
PC 95-05-08D-4	0,71*	27809 ^{ns}	62	663,6	1234,5	924,5	72,7	1,2	1,0	22,9
PC 95-05-03D-2	1,30*	-3331 ^{ns}	91	763,4	1765,7	1218,8	69,4	1,0	1,0	23,2
PC 95-05-27-2-2	1,13 ^{ns}	-10577 ^{ns}	91	804,5	1706,8	1216,1	71,1	1,2	1,0	19,8
IPA 206	1,02 ^{ns}	-18276 ^{ns}	92	680,0	1487,2	1047,1	68,5	1,1	1,1	18,4
EPACE 11	0,62 ^{ns}	19065 ^{ns}	60	688,2	1153,5	901,1	68,9	1,4	1,2	18,7
Canapu	0,96 ^{ns}	45569*	70	662,4	1227,0	920,4	69,6	1,6	1,3	19,6
BR 17Gurguéia	0,89 ^{ns}	-13150 ^{ns}	88	526,0	1158,8	815,0	69,5	1,6	1,3	10,9
Média				693	1419,0	1018,0	69	-	-	19,8
C.V. (%)				30,7	30,6	32,7	5,7	-	-	7,7

^{ns}, ** e * significativo a 1% pelo teste t para $\hat{\alpha}_i$ e pelo teste F para $\hat{\sigma}_{di}$.

Tabela 2. Produtividade em regime de sequeiro, irrigado e conjunto dos ambientes, parâmetros de estabilidade e adaptabilidade (Esta&Adap), dias para a maturação (DPM), mosaico severo e *potyvirus* (MSP), mosaico dourado (MDO) e peso de 100 grãos (PCG), para 32 linhagens e quatro cultivares padrões avaliadas na população de 100.000 plantas/ha, em dez diferentes locais da região de influência do dipolo Petrolina-PE/Juazeiro-BA, nos anos de 2004 e 2005.

Tratamentos	Esta&Adap (análise conjunta)			Produtividade (kg/ha)			DPM	MSP	MDO	PCG (g)
	i	di	R ² (%)	Sequeiro	Irrigado	Conjunta				
PC 95-01-17D-01	1,44**	84038**	76	685,8	1583,2	1044,7	68,5	1,1	1,2	19,3
PC 95-04-09D-01	1,26*	11321 ^{ns}	88	656,8	1368,4	940,6	70,3	1,4	1,2	28,1
PC 95-04-09D-03	1,08 ^{ns}	-8754 ^{ns}	93	554,4	1177,2	802,8	71,4	1,4	1,1	32,6
PC 95-04-09D-04	0,88 ^{ns}	-1019 ^{ns}	84	511,1	1136,4	761,1	71,4	1,4	1,1	27,8
PC 95-05-05D-1	0,91 ^{ns}	4366 ^{ns}	83	615,8	1211,2	853,9	70,4	1,2	1,0	23,6
PC 95-05-08D-1	0,91 ^{ns}	13242 ^{ns}	78	537,1	1158,1	786,3	70,6	1,3	1,0	25,6
PC-95-05-10D-2	1,18 ^{ns}	37956**	78	553,1	1309,0	855,4	71,8	1,2	1,0	22,5
PC 95-05-15D-1	0,77 ^{ns}	-8213 ^{ns}	86	439,9	994,9	661,9	71,9	1,3	1,1	21,9
PC 95-05-20D-2	0,74*	1523 ^{ns}	78	459,4	960,0	659,6	71,8	1,3	1,2	20,8
PC 95-05-20D-3	0,93 ^{ns}	40747**	68	353,5	1074,8	642,0	72,9	1,2	1,2	23,5
PC 95-06-13D-01	0,94 ^{ns}	13934 ^{ns}	79	534,8	1115,5	767,0	70,1	1,1	1,1	21,0
PC 95-06-13D-02	0,90 ^{ns}	39442**	67	467,7	1104,3	722,3	70,6	1,1	1,0	21,4
PC 95-06-15D-02	0,88 ^{ns}	-13247 ^{ns}	92	544,4	1120,1	774,7	69,9	1,3	1,1	22,5
PC 95-06-15D-03	0,87 ^{ns}	-12351 ^{ns}	92	474,0	1138,4	739,8	70,0	1,2	1,2	22,9
PC 95-06-18D-02	0,95 ^{ns}	-1343 ^{ns}	86	628,4	1256,0	878,7	71,8	1,3	1,2	20,3
PC 95-07-12D-02	1,03 ^{ns}	111198**	54	676,3	1420,7	974,0	67,8	1,4	1,3	20,0
PC 95-10-07D-01	1,34**	302488*	83	540,9	1304,5	847,9	70,3	1,2	1,3	20,1
PC 95-10-16D-01	0,83 ^{ns}	31120*	66	488,0	953,3	673,3	70,4	1,2	1,2	19,7
PC 95-10-20D-02	0,99 ^{ns}	37022**	72	413,3	1163,8	714,3	69,4	1,2	1,3	19,9
PC 95-12-09D-01	0,73*	21530 ^{ns}	65	536,0	1000,1	721,6	72,6	1,4	1,1	17,9
PC 95-12-12D-01	0,54**	9768 ^{ns}	58	567,1	792,1	656,3	71,1	1,4	1,2	19,8
PC 95-12-18D-01	0,80 ^{ns}	23511*	70	483,2	1019,2	698,4	72,7	1,4	1,2	20,0
PC 95-12-18D-02	1,37**	75351**	75	463,6	1520,9	885,7	70,3	1,4	1,2	19,0
PC 95-12-19D-01	0,82 ^{ns}	-16753 ^{ns}	94	494,7	1086,7	730,7	71,4	1,4	1,3	17,1
PC 95-05-08-1-1	0,88 ^{ns}	4760 ^{ns}	81	522,1	1131,7	765,9	72,4	1,4	1,2	21,7
PC 95-05-12-1-1	1,01 ^{ns}	97681**	56	578,6	1416,5	913,7	71,7	1,1	1,0	22,5
PC 95-05-17-1-1	1,39**	28493*	86	550,9	1578,9	962,1	69,9	1,0	1,0	24,2
PC 95-05-12-2-1	0,91 ^{ns}	4660 ^{ns}	82	667,1	1353,1	941,5	69,8	1,0	1,0	27,1
PC 95-03-26-1-2	0,97 ^{ns}	5822 ^{ns}	84	616,0	1254,5	871,4	69,7	1,2	1,0	20,2
PC 95-05-12-2-2	1,20 ^{ns}	-1110 ^{ns}	91	704,9	1586,0	1057,3	70,1	1,1	1,0	26,6
PC 95-04-09D-02	1,24 ^{ns}	48768**	77	630,2	1407,5	941,1	71,2	1,5	1,3	26,7
PC 95-08-16D-01	1,31*	1163 ^{ns}	92	607,7	1485,5	958,8	69,5	1,2	1,2	25,1
IPA 206	1,17 ^{ns}	-14120 ^{ns}	96	655,8	1409,1	957,1	68,0	1,2	1,2	18,6
EPACE 11	0,82 ^{ns}	1450 ^{ns}	81	527,0	1039,6	732,0	68,3	1,3	1,2	20,4
Canapu	0,74*	15322 ^{ns}	69	540,1	955,7	706,3	68,3	1,4	1,3	19,5
BR 17 Gurguéia	1,09 ^{ns}	124695**	55	469,4	1099,3	721,4	69,6	1,9	1,4	11,6
Média				552	1213	823	70,2	-	-	22,0
C.V. (%)				31,3	30,2	32,9	3,5	-	-	7,2

^{ns}, ** e * significativo a 1% pelo teste t para $\hat{\alpha}_i$ e pelo teste F para $\hat{\sigma}_{di}$.

Nos experimentos irrigados, nas densidades populacionais de 100.000 e 200.00 plantas/ha, a média da produtividade foi mais do que o dobro em relação à dos experimentos de sequeiro, sendo de 693 e 1419 kg/ha e de 552 e 1213 kg/ha, respectivamente (Tabelas 1 e 2). A produtividade na densidade de 200.000 plantas/ha foi sempre superior àquela na densidade de 100.000 plantas/ha, tendo sido de 693, 1419 e 1018 kg/ha (Tabela 1) e de 552, 1213 e 823 kg/ha (Tabela 2), nas análises dos experimentos de sequeiro, irrigado e conjunto dos ambientes, respectivamente, indicando que a densidade de 200.000 deve ser recomendada para a região. Santos & Araújo (2000), avaliando diferentes cultivares de feijão-caupi em diferentes densidades populacionais, concluíram que a população que possibilitou a maior produtividade foi a de 205.000 plantas/ha.

Algumas linhagens apresentaram produtividade significativamente superior à das cultivares controle, principalmente a BR 17 Gurguéia e Canapu (Tabelas 1 e 2). Para as viroses MDO e MSP, algumas linhagens apresentaram nota média igual a 1, ou seja, ausência de sintomas, sendo que as cultivares BR 17 Gurguéia e Canapu foram as mais susceptíveis (Tabelas 1 e 2). O peso médio de 100 grãos foi de 19,8 g e de 20,0 g nas densidades de 200.000 e 100.000 plantas/ha, respectivamente (Tabelas 1 e 2), o que atende à demanda da região.

Os genótipos foram mais precoces nas condições irrigadas do que nas condições de sequeiro, sendo que, para alguns deles, observou-se, em campo, que o menor tempo para a maturação foi de até 15 dias (dados não apresentados). Resultados semelhantes foram observados por Santos et al. (1997), avaliando 54 genótipos de feijão-caupi em condições irrigadas e de sequeiro.

Análises para a qualidade tecnológica dos grãos

O 'Canapu', bastante aceito pelos consumidores da região, apresentou o maior percentual de embebição antes do cozimento, diferindo dos demais tratamentos (Tabela 3). A variável Peanc variou de 116,8% a 134,3%, sendo bastante superior ao valor máximo de 108% observado por Carbonell et al. (2003) em 19 genótipos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). Segundo os mesmos autores, a maior Peanc reduz o tempo necessário para o cozimento dos grãos. Pode-se inferir que um dos fatores para a grande aceitação do Canapu na região é a maior capacidade de embebição antes do cozimento, conforme observado neste estudo.

Tabela 3. Dados de porcentagem de embebição antes do cozimento (Peanc), porcentagem de embebição após o cozimento (Peapc), expansão volumétrica (EV), em g.mL⁻¹, e porcentagem de grãos inteiros (PGI) para seis genótipos avaliados em ambiente irrigado. Petrolina-PE, 2005.

Cultivar/linhagem	Peanc	Peapc	EV	PGI
PC 95-05-17-1-1	116,80 c	157,42 a	0,415 a	88,55 a
PC 95-05-12-2-1	119,11 bc	162,46 a	0,420 a	86,80 ab
PC 95-05-12-1-2	125,49 b	163,35 a	0,410 a	83,05 ab
PC 95-05-12-2-2	119,69 bc	158,71 a	0,415 a	90,35 a
IPA 206	125,18 b	157,32 a	0,425 a	78,70 b
Canapu	134,31 a	169,24 a	0,400 a	84,90 ab
Q.M.Tratamentos	80,92 **	42,44 ^{n.s.}	0,00015 ^{n.s.}	34,81 *
Média	123,43	161,41	0,414	85,39
D.M.S.	8,20	27,34	0,044	8,40
C.V. %	1,67	4,25	2,70	2,47

Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

^{n.s.}, **, * não-significativo e significativo a 1% e 5%, respectivamente, pelo teste F.

A porcentagem de grãos inteiros após o cozimento variou de 78,7 a 90,3%, tendo sido maior para a linhagem PC 95-05-12-2-2, diferindo significativamente da cultivar IPA 206 (Tabela 3), que tem sido recomendada para plantio na região. Os maiores valores de PGI são desejáveis, pois é uma característica interessante para a comercialização do produto (Carbonell et al., 2003).

Avaliações em macroparcels em nível de propriedades rurais

As linhagens PC 95-05-17-1-1, PC 95-05-12-2-1, PC 95-05-12-1-2, PC 95-05-12-2-2, que apresentavam valores próximos de 1,0 para as viroses, produtividade próxima superior à média, peso de 100 grãos superior a 20,0 g e parâmetros de estabilidade ampla ($\hat{\sigma}_i$ próximo de 1 e não-significativo) e boa previsibilidade ($\hat{\sigma}_d$ não-significativo), preferencialmente, associados à boa aparência de grãos, bem como as cultivares controle IPA 206 e Canapu, foram selecionadas para avaliação em macroparcels em áreas de produtores. Informações quanto a aceitação pelos produtores, das linhagens avaliadas em macroparcels associadas aos parâmetros agronômicos e à qualidade tecnológica dos grãos estimados, serão consideradas para a recomendação de uma cultivar específica para a região de influência do polo Petrolina-PE/Juazeiro-BA. A linhagem PC 95-05-12-2-2, que apresentou valores próximos de 1,0 para as viroses, produtividade superior à média, adaptabilidade geral ($\hat{\sigma}_i = 1$), boa previsibilidade ($\hat{\sigma}_d = 0$), peso de 100 grãos de 24 g e boa aparência de grãos foi recomendada para a região com o nome de 'BRS Pujante' (Santos, 2007).

Seleção de linhagens de crescimento determinado e porte ereto

Foram selecionadas 117 progênies F6 de porte ereto e hábito de crescimento determinado, sendo 23, 60 e 34 nos cruzamentos da IPA 206, da Epace 11 e da BR 17 Gurguéia com a PI 293288, respectivamente. Adicionalmente, foram obtidas 45 progênies de hábito determinado e porte ereto, resultantes de autofecundações de uma única geração de retrocruzamento, sendo 31 com a IPA 206 e 14 com a BR 17 Gurguéia. Apesar de a herança do porte e do hábito de crescimento não estar bem definida em feijão-caupi, observou-se grande estabilidade

quando foram selecionadas famílias F4 que apresentavam todas as plantas com hábito de crescimento determinado e porte ereto. A presença de umas poucas plantas de crescimento indeterminado resultou em famílias F5 com baixa porcentagem de plantas de crescimento determinado.

No cruzamento IPA 206 x PI 293588, foram selecionadas famílias de grãos das seguintes colorações: 'blackeye' (03), marrom (1), marrom/branco (1), preto (13) e preto/branco (5). Nas seleções das autofecundações de um único retrocruzamento entre PI 293588 x (IPA 206 x PI 293588), foram observadas as seguintes colorações dos grãos: 'blackeye' (28), marrom/branco (1), preto (1) e cinza (1).

O cruzamento Epace 11 x PI 293588 possibilitou a seleção do maior número de famílias de grãos de tegumento marrom (25) e de marrom-claro (26). Nove linhagens de grãos de coloração preta foram selecionadas neste mesmo cruzamento.

No cruzamento BR 17 Gurguéia x PI 293588, foram selecionadas famílias de grãos das seguintes colorações: 'blackeye' (2), marrom (15), marrom/branco (3), preto (1), preto/branco (2) e marrom claro (10). Nas seleções das autofecundações de um único retrocruzamento entre PI 293588 x (BR 17 Gurguéia x PI 293588), foram observadas as seguintes colorações dos grãos para as famílias: 'blackeye' (9), marrom/branco (4) e preto/branco (1).

As linhagens que apresentarem porte ereto, crescimento determinado, tolerância em campo às principais viroses, grão de cor amarronzado a tipo sempre verde, ciclo inferior a 60 dias do plantio à colheita, tolerância a altas temperaturas do segundo semestre do ano e peso de 100 grãos superior a 20g serão selecionadas para avaliações em ensaios preliminares e avançados, visando a recomendação de uma cultivar para as áreas irrigadas da região, em consórcio com fruteiras.

Seleção de linhagens tipo 'Canapu' tolerantes às principais viroses

Foram selecionadas 267 progênies F5 tipo Canapu, sendo 141 da IPA 206 x Canapu, 112 da BR 17 Gurguéia x Canapu e 14 do TE 97-309-G3 x Canapu. O cruzamento IPA 206 x Canapu possibilitou a seleção de 31 progênies sem sintomas de campo para as viroses, em duas avaliações independentes, tendo sido o maior número entre as progênies dos cruzamentos avaliados. Foram identificadas, ainda, 12 progênies no cruzamento BR 17 Gurguéia x Canapu e uma no cruzamento do genótipo TE 97-309-G3 sem sintomas em campo de viroses, nas duas avaliações independentes.

Deve ser destacado que a frequência de plantas com sintomas do mosaico dourado foi muito baixa, indicando que a seleção efetuada foi eficiente e que as cultivares usadas nos cruzamentos com o Canapu possuem fontes de resistência. A frequência de plantas com sintomas do mosaico e do *potyvirus*, de difícil identificação, foi mais elevada, indicando que a seleção de genótipos com tolerância múltipla deve ser mais complexa.

As linhagens que apresentarem grão tipo 'Canapu', tolerância em campo às principais viroses, ciclo em torno de 60 dias do plantio à colheita, tolerância a altas temperaturas do segundo semestre do ano e peso de 100 grãos superior a 20g serão selecionadas para avaliações em ensaios preliminares e avançados, visando a recomendação de uma cultivar para as áreas de sequeiro e, opcionalmente, para áreas irrigadas da região.

Integração de melhoramento clássico e molecular

Diferente de outras culturas, a identificação de marcadores de DNA associados com características de herança simples, o desenvolvimento de mapas de ligações genéticas e estudos de "quantitative trait loci" (QTL) no feijão-caupi são limitados. O único mapa de ligações genéticas para o feijão-caupi foi publicado por pesquisadores estrangeiros (Quédraogo et al. 2002), considerando aspectos de genética e melhoramento diferentes dos demandados para a região.

Deverá ser iniciado, pelo laboratório de Genética da Embrapa Semi-Árido, o mapeamento genético de algumas populações de feijão-caupi visando à identificação de loci associados com características como hábito de crescimento, porte da planta, tolerância às principais viroses, como uma ferramenta para a seleção assistida por marcadores moleculares. A aplicação de algumas ferramentas da biologia molecular poderá acelerar bastante os estudos de genética e melhoramento do feijão-caupi, notadamente para o desenvolvimento de cultivares para ocupar nichos tecnológicos que até então não foram ocupados, como o desenvolvimento de cultivares de porte ereto e crescimento determinado para colheita mecânica ou para cultivo irrigado ou o desenvolvimento de cultivares tipo 'Canapu', tolerante às principais viroses.

Desenvolvimento de linhagens com propriedades de alimentos funcionais

Até então, o desenvolvimento de cultivares de feijão-caupi tem considerado apenas a questão da produtividade e, mais recentemente, passou-se a selecionar para parâmetros de qualidade tecnológica do grão (EMBRAPA CPAMN, 2003). A tendência do melhoramento genético moderno, por demanda dos consumidores, é desenvolver cultivares que associem produtividade com parâmetros de qualidade, como produtos anti-carcinogênicos, anti-plaquetas, com maiores teores de vitaminas e minerais, ou seja, produtos considerados funcionais do ponto de vista da saúde humana. As novas cultivares devem incorporar, ainda, cada vez mais, tolerância às diversas pragas e doenças, reduzindo drasticamente ou eliminando a necessidade de agrotóxicos na sua produção.

Introduções de cultivares desenvolvidas por instituições internacionais, como o International Institute for Tropical Agriculture (IITA), algumas com tolerância múltipla a várias doenças e pragas, entre as quais o gorgulho, outras com teores elevados de proteínas, ferro, cálcio e potássio (B.B. Singh, comunicação pessoal) poderão ser usadas para incorporação nas cultivares em desenvolvimento para a região do Vale do

São Francisco. A introdução de tecnologias simples, como a remoção do tegumento das sementes, onde está localizada boa parte dos fatores antinutricionais do feijão-caupi, poderá elevar, também, a qualidade nutricional deste alimento básico da população do Semi-Árido brasileiro.

Conclusões

1. Interação significativa genótipo x ambiente tem sido observada nos experimentos realizados com feijão-caupi, indicando que a capitalização favorável da interação genótipo x ambiente pode ser explorada favoravelmente e a recomendação de cultivares avaliadas em outras regiões para a área de influência do pólo Juazeiro-Petrolina não é a melhor estratégia;
2. As intensas seleções efetuadas nas gerações iniciais têm resultado em linhagens com tolerância em campo às principais viroses e/ou com porte ereto e crescimento determinado e com grãos de cor amarronzada, de tipo sempre-verde ou tipo 'Canapu'.

Referências Bibliográficas

BLACKHURST, H. T.; MILLER JÚNIOR, J. C. Cowpea. In: FEHR, W. R.; HADLEY, H. H. (Ed.). **Hybridization of crop plants**. Madison: American Society of Agronomy, 1980. p. 327-337.

CARBONELL, S. A. M.; LIMONTA, C.; PEREIRA, V. R. Qualidade tecnológica de grãos de genótipos de feijão cultivados em diferentes ambientes. **Bragantia**, Campinas, v. 62, n. 3, p. 369-379, 2003.

CARVALHO, H. W. L. de; SANTOS, M. X. dos; SILVA, A. A. G. da; CARDOSO, M. J.; SANTOS, D. M. dos; TABOSA, J. N.; MICHEREFF FILHO, M.; LIRA, M. A.; BONFIM, M. H. C.; SOUZA, E. M. de; SAMPAIO, G. V.; BRITO, A. R. de M. B.; DOURADO, V. V.; TAVARES, J. A.; NASCIMENTO NETO, J. G. do; NASCIMENTO, M. M. A. do; TAVARES FILHO, J. J.; ANDRADE JÚNIOR, A. S. de; CARVALHO, B. C. L. de. **Caatingueiro**: uma variedade de milho para o semi-árido nordestino. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2004. 8 p. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Comunicado Técnico, 29).

CRUZ, C. D. **Programa Genes**: aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa, MG: UFV, 1997. 442 p.

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

RIBEIRO, V. Q. (Ed.). **Cultivo do feijão caupi**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2003. (Sistemas de Produção 2). Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/FeijaoCaupi/index.html>>. Acesso em: 10 fev. 2006.

FAO. **Legume inoculants and their use**. Rome, 1984. 63 p.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q. Comparação entre três métodos de melhoramento em caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) In: ENCONTRO DE GENÉTICA DO NORDESTE, 9., 1993, Teresina. **Anais...** Teresina: Universidade Federal do Piauí, 1993. p. 133.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; BARRETO, P. D.; SANTOS, C. A. F. Melhoramento genético de caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) na região Nordeste. In: QUEIROZ, M. A. de; GOEDERT, C. O.; RAMOS, S. R. R. (Ed.). **Recursos genéticos e melhoramento de plantas para o Nordeste brasileiro**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido ; Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 1999. Disponível em: <<http://www.cpatsa.embrapa.br/catalogo/livroorg/index.html>>. Acesso em: 17 out. 2007.

IPA. **BR IPA 206**: nova cultivar de feijão-macassar (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) tipo moita para Pernambuco. Recife, 1989. Não paginado. 1 Folder.

IQBAL, A.; KHALIL, I. A.; ATEEQ, N.; KHAN, M. S. Nutritional quality of important food legumes. **Food Chemistry**, London, v. 97, p. 331-335, 2006.
PHILLIPS, R. D.; MCWATTERSA, K. H.; CHINNANA, M. S.; HUNGA, Y. C.; BEUCHATA, L. R.; SEFA-DEDEHB, S.; SAKYI-DAWSONB, E.; NGODDYC, P.; NNANYELUGOD, D.; ENWEREC, J.; KOMEYA, N. S.; LIUE, K.; MENSA-WILMOTF, Y.; NNANNAG, I. A.; OKEKEC, C.; PRINYAWIWATKULH, W.; SAALIAA, F. K. Utilization of cowpeas for human food. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 82, p. 193-213, 2003.

QUÉDRAOGO, J. T.; GOWDA, B. S.; JEAN, M.; CLOSE, T. J.; EHLERS, J. D.; HALL, A. E.; GILLASPIE, A. G.; ROBERTS, P.A.; ISMAIL, A. M.; BRUENING, G.; GEPTS, P.; TIMKO, M. P.; BELZILE, F. J. An improved genetic linkage map for cowpea (*Vigna unguiculata* L.) combining AFLP, RFLP, RAPD, biochemical markers, and biological resistance traits. **Genome**, Ottawa, v. 45, p. 175-188, 2002.

SANTOS, C. A. F.; ARAUJO, F. P. de; MENEZES, E. A. Divergência genética em acessos de feijão-de-corda avaliados em dois ambientes. **Ceres**, Vicosa, v. 44, n. 251, p. 35-42, 1997.

SANTOS, C. A. F.; ARAUJO, F. P. de. Produtividade e morfologia de genótipos de caupi em diferentes densidades populacionais nos sistemas irrigado e de sequeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, n. 10, p. 1977-1984, 2000.

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

SANTOS, C. A. F. **Feijão-caupi BRS Pujante**: cultivar para áreas irrigada e de sequeiro do Vale do São Francisco. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2007. 1 Folder.

TEIXEIRA, S. M.; MAY, P. H.; SANTANA, A. C. de. Produção e importância econômica do caupi no Brasil. In: ARAÚJO, J. P. P. de; WATT, E. E. (Org). **O caupi no Brasil**. Brasília, DF: IITA: EMBRAPA, 1988. p. 101-136.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 496 p.



Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento



CGPE 6495