

EMBRAPA AGROINDÚSTRIA TROPICAL
I SIMPÓSIO NORDESTINO DE GENÉTICA E MELHORAMENTO DE PLANTAS
O MELHORAMENTO GENÉTICO NO CONTEXTO ATUAL

28 e 29 de Maio de 2009
Fortaleza, CE

A N A I S

Editado por:

Francisco das Chagas Vidal Neto
Cândida H. C. de Magalhães Bertini
Fernando Antonio Souza Aragão
José Jaime Vasconcelos Cavalcanti

REALIZAÇÃO

Sociedade Brasileira de Melhoramento de Plantas – Regional Ceará
Embrapa Agroindústria Tropical

Fortaleza – CE
2009

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação – CIP
Embrapa Agroindústria Tropical

Simpósio Nordeste de Genética e Melhoramento de Plantas (1. : 2009 :
Fortaleza, CE)

O melhoramento genético no contexto atual : Anais / I Simpósio
Nordestino de Genética e Melhoramento de Plantas / editores Francisco das
Chagas Vidal Neto ...[et al.] – Fortaleza : Embrapa Agroindústria Tropical,
2009.

210p.

Realização Sociedade Brasileira de Melhoramento de Plantas –
Regional Ceará. Embrapa Agroindústria Tropical.

1.Planta – melhoramento genético – congresso. I.Vidal Neto, Francisco
das Chagas, ed. II. Bertini, Cândida H.C. de Magalhães, ed. III.Aragão,
Fernando Antônio Souza, ed. IV.Cavalcanti, José Jaime Vasconcelos, ed.
V.Título.

CDD 631.53



Vitor Hugo de Oliveira
Chefe Geral

Andréia Hansen Oster
Chefe Adjunto de P&D

Lucas Antônio de Souza Leite
Chefe Adjunto de Comunicação e Negócios

Cláudio Rogério Bezerra Torres
Chefe Adjunto de Administração



**Sociedade Brasileira de Melhoramento de Plantas
Regional Ceará**

Dr. José Jaime Vasconcelos Cavalcanti
Presidente

Prof^a Cândida Hermínia C. de Magalhães Bertini
Secretária

Dr^a Patrícia do Nascimento Bordallo
Tesoureira

COMISSÃO ORGANIZADORA

COORDENADORES

José Jaime Vasconcelos Cavalcanti

Francisco da Chagas Vidal Neto

Cândida H. C. de Magalhães Bertini

COLABORADORES

Raimundo Nonato de Lima

Marco Aurélio da Rocha Melo

Arilo Nobre de Oliveira

Flavio Marcus Falcão Graça Junior

Nicodemos Moreira dos Santos Junior

Francisco Williams de Oliveira

Everton Rabelo Cordeiro

Francisco Herbeth Costa dos Santos

Tomil Ricardo Maia de Sousa

Francisco Tiago Cunha Dias

Nathália Dias de Oliveira

Frederico Inácio Costa de Oliveira

Eveline Nogueira Lima

Maria Emília Bezerra de Araújo

APRESENTAÇÃO

O melhoramento de plantas no Brasil é desenvolvido por diversas instituições de pesquisa e ensino, abordando várias espécies, e tem apresentado expressivas contribuições à sociedade, de importância econômica e social. Os avanços no desenvolvimento científico e tecnológico, e o dinamismo das cadeias produtivas introduzem constantes desafios e novos conhecimentos a serem incorporados nas atividades de pesquisa em genética e melhoramento, demandando uma atualização sistemática dos profissionais envolvidos. Esse processo envolve a formação, qualificação e integração de capacidades, para o pleno alcance com maior eficácia dos objetivos dos programas de melhoramento.

A Sociedade Brasileira do Melhoramento de Plantas (SBMP), entidade sem fins lucrativos, foi fundada em 1999, portanto, está completando dez anos de atuação e relevantes serviços prestados à comunidade científica do Brasil. Hoje conta com mais de 600 sócios e um dos seus principais objetivos é fomentar a criação de regionais nos diversos estados da união, para congrega e fortalecer de forma mais expressiva os melhoristas brasileiros de plantas. Atualmente foram constituídas seis regionais, sendo a Regional Ceará, a primeira e, até então, a única representante do Nordeste, fundada em 2007, por incentivo do atual presidente da SBMP, Prof. Magno Antônio Patto Ramalho.

Contando com esse apoio, juntamente com o da chefia da Embrapa Agroindústria Tropical, a regional Ceará aceitou o desafio de promover o I Simpósio Nordestino de Genética e Melhoramento de Plantas, o primeiro pela SBMP, com o objetivo de reunir estudantes de graduação e pós-graduação e profissionais, de instituições públicas e privadas, e fomentar a atualização, integração e intercâmbio de informações, estimulando as pesquisas na área e a interação de projetos de interesse comum. Este evento já é o 5º esforço para congrega os melhoristas da região. O primeiro deles foi em 1971, em Salvador-BA, incentivado pelo Prof. Paterniani da ESALQ, seguido de Aracaju-SE, Cruz das Almas-BA, e por último, Petrolina, PE, em 1998, organizado pelo Prof. Manoel Abílio. Entretanto, já se passaram 11 anos, demonstrando a necessidade de incentivos para a realização sistemática deste evento.

Agradecemos a todos que colaboraram para a realização deste encontro e esperamos que os esforços despendidos sejam revertidos em benefício do desenvolvimento da ciência e tecnologia brasileiras, sobretudo, na formação de novos melhoristas e novas regionais.

Comissão Organizadora

ÍNDICE

Melhoramento genético de plantas no brasil: passado, presente e futuro	1
Recursos genéticos vegetais no nordeste brasileiro	8
Feijão-caupi: melhoramento genético, resultados e perspectivas	25
Melhoramento genético de hortaliças no Brasil: retrospectiva e perspectivas.....	60
Avanços, desafios e novas estratégias do melhoramento genético do cajueiro no Brasil.....	83
Melhoramento do algodoeiro	102
Melhoramento genético do melão	121
O melhoramento genético do mamoeiro: avanços, desafios e perspectivas	151
Melhoramento genético da videira: avanços, desafios e perspectivas	181

AVANÇOS, DESAFIOS E NOVAS ESTRATÉGIAS DO MELHORAMENTO GENÉTICO DO CAJUEIRO NO BRASIL

José Jaime Vasconcelos Cavalcanti¹ e Levi de Moura Barros¹

INTRODUÇÃO

A provável origem do cajueiro é o Brasil. Hoje esta espécie encontra-se em praticamente todo o mundo tropical em razão, não apenas da sua capacidade de adaptação aos diversos ecossistemas tropicais, mas também, e principalmente, pelo papel sócio-econômico que pode desempenhar nas regiões mais pobres da terra, uma vez que a amêndoa encerrada em seu fruto, a castanha, é uma das mais comercializadas no mercado mundial de nozes comestíveis. Para a obtenção da amêndoa da castanha de caju, a ACC, é necessário o funcionamento de uma cadeia agroindustrial que envolve o cultivo, a industrialização e a comercialização, tanto da matéria-prima como do produto industrializado, gerando emprego e renda que são fundamentais para os países que exploram a cajucultura e que são caracterizados pela forte participação do negócio agrícola em suas economias (Barros *et al.*, 2008). No mundo são comercializadas 240.000 t/ano de ACC que resultaram, em 2006, em cerca de US\$ 2,8 bilhões para o mercado varejista. A distribuição de valores nos principais elos da cadeia agroindustrial da amêndoa¹ mostra ainda que US\$ 820 milhões foram para a indústria e apenas US\$ 410 milhões para o segmento produtivo, sempre o elo mais fraco de qualquer cadeia agroindustrial. O valor da ACC, que é consumida na forma de aperitivo, poderá aumentar se confirmado os estudos recentes que mostram que ela é rica em ácidos graxos insaturados, predominando o oléico (60,3%) e o linoléico (21,5%), ou seja, contem altos teores de ômega 9 e ômega 6 que são essenciais em todo o ciclo vital dos humanos (Gazzola *et al.*, 2007).

Na safra 2007, a área colhida e a produção nos principais países produtores foram estimadas em, respectivamente, 3.817.041 ha e 3.186.039 t de castanhas (FAO, 2009), sendo Vietnam, Nigéria, Índia, Brasil, Indonésia, Filipinas, Costa do Marfim, Tanzânia e Guiné-Bissau os principais produtores de castanha de caju (Tabela 1). É importante enfatizar que a liderança do Vietnam deve-se a um programa de incentivo com o plantio do cajueiro anão precoce (Figueiredo Junior, 2006), originário do Brasil. No Brasil, na safra 2007, cerca de 195 mil produtores colheram, 720 mil ha, 176 mil t de castanhas que resultaram em exportações de 41.569 t de ACC, ou 17% das exportações mundiais, que valeram US\$ 187,5 milhões em divisas para o país. O consumo mundial continua em franco crescimento, o que significa que há

¹ Embrapa Agroindústria Tropical, Rua Dra. Sara Mesquita, 2270, Pici, Fortaleza, CE, 60511-110. e-mail: jaime@cnpat.embrapa.br, levi@cnpat.embrapa.br

necessidade do sistema produtivo melhorar a sua participação em termos de aumento de produtividade, sendo a incorporação de clones mais produtivos o fator de menor custo face ao aumento generalizado observado, em nível mundial, no custo dos insumos agrícolas como um todo.

Tabela 1. Produção mundial de castanha de caju (em toneladas) por ano no período entre 2001 e 2007.

Países	Anos						
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Vietnã	292.800	515.200	657.600	818.800	960.800	941.600	961.000
Nigéria	485.000	514.000	524.000	555.000	594.000	636.000	660.000
Índia	450.000	470.000	500.000	535.000	544.000	573.000	620.000
Brasil	124.073	164.539	183.094	187.839	152.751	243.770	176.384
Indonésia	91.586	110.232	106.931	131.020	135.070	140.573	146.000
Filipinas	7.000	7.000	7.000	116.910	116.533	113.071	118.000
Costa do Marfim	87.573	104.985	84.811	140.636	175.000	200.000	130.000
Tanzânia	98.600	67.300	95.000	79.000	72.000	90.400	92.000
Guiné-Bissau	85.000	86.000	86.000	86.000	88.000	81.000	81.000
Moçambique	58.000	58.000	58.000	58.000	58.000	58.000	58.000
Outros	128.088	127.535	128.227	133.051	139.416	140.935	143.655
Mundo	1.907.720	2.224.791	2.430.663	2.841.256	3.035.570	3.218.349	3.186.039

Fonte: (FAO, 2009).

A cadeia agroindustrial da ACC gera em torno de 40 mil empregos no campo e de 15 a 20 mil na indústria (Leite e Pessoa, 2002), números em crescimento face ao aumento da demanda internacional por ACC. Além destes, inúmeras oportunidades de trabalho são geradas nos serviços associados, principalmente manuseio da matéria-prima e da ACC, em todas as etapas, da produção até a chegada ao consumidor final, como transporte, embalagens e corretagem. A maioria dos plantios comerciais para a obtenção da ACC está no Nordeste que responde por cerca de 94% da produção e por toda a industrialização da castanha produzida. Em termos de ecossistemas, a faixa litorânea e transições com outros ecossistemas dos estados do Ceará, Piauí e Rio Grande do Norte abriga a maior parte dos pomares. Em razão de a planta ter grande potencial adaptativo aos diversos ecossistemas tropicais, tem se verificado a introdução da planta em cultivo nas demais regiões do país, principalmente para a exploração do caju como fruta de mesa.

Há também expectativa de sucesso com a cultura em regime de sequeiro no semi-árido, ecossistema que constitui mais da metade da área física da região Nordeste e onde são mais graves os problemas sociais, pela escassez de opções econômicas para a população. Para que esta perspectiva seja bem sucedida será fundamental a adoção de tecnologias que incluam genótipos

adaptados às condições edafoclimáticas de cada ambiente, onde o melhoramento genético deve desempenhar importante papel na viabilização econômica da cultura.

Além da ACC o cajueiro oferece dois subprodutos de valor, o líquido da casca da castanha (LCC), que tem grande potencial de aproveitamento na indústria química, mas é, atualmente, de baixo valor econômico em razão de limitações tecnológicas e comerciais. O outro subproduto de interesse é o falso fruto (pedúnculo) cujo potencial é dos mais expressivos, pelas opções de aproveitamento, como o suco concentrado e o pronto a beber, que estão entre os mais consumidos no país. São 30 a 40 possibilidades industriais com tecnologia já disponível. Além disto, o consumo como fruta de mesa está em crescimento nos principais mercados do país.

CLASSIFICAÇÃO BOTÂNICA, ORIGEM E CITOGENÉTICA

O cajueiro, *Anacardium occidentale* L., é uma *Anacardiácea*, família formada por 400 a 600 espécies de 60 a 74 gêneros predominantemente de árvores e arbustos tropicais e subtropicais, com poucos exemplares de subarbustos, trepadeiras e de clima temperado (Bailey, 1942). Na mais recente revisão, feita com base na taxonomia numérica, o gênero *Anacardium* foi composto por 10 espécies (Mitchell e Mori, 1987) que resultaram no agrupamento de 21 espécies descritas pela taxonomia tipológica (Barros, 1995).

Anacardium occidentale L. é a única espécie cultivada e a de maior dispersão do gênero (Johnson, 1973; Ohler, 1979; Mitchell e Mori, 1987), sendo encontrada em praticamente todo o mundo tropical. Deve-se ressaltar que a sua distribuição natural é confundida pela dispersão por cultivo, uma vez que os centros de origem do gênero *Anacardium* estão na região amazônica e nos cerrados, ao passo que a maior diversidade da espécie cultivada verifica-se no Nordeste do Brasil. Este fato tem levado a especulações sobre a especiação e local de origem do cultivo, porém há provas circunstanciais apontando o Brasil, ou pelo menos todo o Norte da América do Sul e parte da América Central, como o provável centro de origem do cajueiro (Barros e Crisóstomo, 1995; Barros et al. 2002).

O número haplóide de cromossomos é encontrado na literatura com valores discrepantes entre os resultados das poucas investigações no cajueiro: $n=12$ (Khosla et al., 1973), $n=15$ (Machado, 1944), $n=20$ (Simmonds, 1979) e $n=21$ (Darlington e Janaki Ammal, 1945; Aliyu e Awopetu, 2007). No entanto, tudo indica ser este último o mais provável.

TIPOS VARIETAIS

É possível identificar e agrupar as plantas em relação a duas características bem definidas, porte e precocidade, em dois tipos: o comum e o anão precoce. O cajueiro do tipo comum é o mais encontrado naturalmente e caracteriza-se pelo porte mais elevado, com altura variando entre oito a 15 m e envergadura da copa entre 12 e 16 m, podendo ultrapassar os 20 m. Apresenta grande variação na distribuição de ramos e formato de copa, que vai desde ereta e compacta até espreada (Barros, 1988b). A capacidade produtiva individual do cajueiro comum é muito variável, com registro de plantas que produzem menos de um quilo até cerca de 100 kg de castanha por safra. O peso do fruto varia de três a 33 g, e o do pedúnculo de 20 a 500g. A idade de estabilização da produção em plantas propagadas por sementes é entre 12 e 14 anos. Em plantas propagadas assexuadamente este período é reduzido em dois anos.

O cajueiro tipo anão precoce, também conhecido por cajueiro de seis meses, caracteriza-se pelo porte baixo, copa homogênea, diâmetro de caule e envergadura inferiores aos do tipo comum. O florescimento tem início normalmente aos seis meses, estendendo-se por seis a oito meses, contra os cinco a sete meses do tipo comum. O peso do fruto, nas populações naturais, varia de três a 10g e o do pedúnculo de 20 a 160g. A capacidade produtiva individual também é menor, com produção máxima registrada de 43 kg de castanhas (Barros, 1988b). As principais características dos cajueiros dos tipos comum e anão precoce são ilustradas na Tabela 2.

Tabela 2. Principais características dos cajueiros dos tipos comum e anão precoce.

Características	Comum	Anão
Porte (m)	alto (8 - 15)	baixo (< 5)
Tamanho da copa (m)	>7	5 a 7
Primeira floração	2 a 5 anos	6 a 18 meses
Varição no peso da castanha (g)	3 a 33	3 a 13
Varição no peso do pedúnculo (g)	20 a 500	20 a 160
Produção: castanha/planta/safra (kg)	<1 a >100	até 43

BIOLOGIA FLORAL E MODO DE REPRODUÇÃO

O cajueiro é uma andromonóica, ou seja, seu sistema reprodutivo constitui-se de flores masculinas e hermafroditas (Barros e Crisóstomo, 1995). A inflorescência é uma panícula onde são encontrados os dois tipos de flores em quantidades e proporções diferentes, variando tanto entre plantas como dentro de uma mesma planta (Barros, 1988a). Rao e Hassan (1957) destacaram que apenas 4% das flores formadas são hermafroditas. Nambiar (1977) menciona

uma proporção de 75% a 90% de flores masculinas, que varia com a época do ano, localização e genótipo da planta.

A classificação do cajueiro quanto ao sistema de acasalamento ainda encontra-se indefinido, porém, sabe-se que apresenta alogamia, podendo ocorrer inclusive a autofecundação, no entanto, com taxas desconhecidas. Segundo Faluyi (1983), não se constata existência de sistema de autoincompatibilidade.

MELHORAMENTO GENÉTICO

Apesar da importância socioeconômica e da expansão da área cultivada, que passou de 48.694 ha em 1960 para cerca de 630.000 ha, a produtividade média de castanha sofreu uma drástica redução de 635 kg.ha⁻¹ no início da década de 70 para 200 kg.ha⁻¹, no final dos anos 1990, pelo fato da exploração ter sido sempre à margem do emprego de tecnologias, principalmente variedades melhoradas, inexistentes até o início dos anos 80. O lançamento dos primeiros clones melhorados de cajueiro anão precoce redirecionou os programas de melhoramentos e abriu perspectivas reais de transformação da atividade do extrativismo para o cultivo tecnificado.

Objetivos

As demandas atuais da cajucultura têm como foco não só o aproveitamento da amêndoa, mas também, do pedúnculo, tanto no consumo *in natura* como para melhoria da qualidade da matéria prima para processamento industrial. Neste contexto, a seleção deve ser orientada para: 1) planta apresentando porte baixo, para facilitar a colheita manual, e resistência aos fatores bióticos e abióticos; 2) castanha de tamanho e peso adequados (>10g), facilidade de destaque do pedúnculo, rendimento de amêndoa >25% em qualquer processo de beneficiamento, facilidade na despêculagem da amêndoa e amêndoas resistentes à formação de “bandas”; e 3) pedúnculo com características de coloração, sabor, textura, maior período de conservação, consistência da polpa e teor de tanino adequados às preferências do consumidor.

Propriedades genéticas

O êxito de qualquer programa de melhoramento depende do conhecimento de parâmetros genéticos da população a ser melhorada. Ultimamente importantes propriedades genéticas foram determinadas para o cajueiro, sobretudo a partir da década de 90, constituindo-se em relevantes informações para utilização no melhoramento dessa cultura, como descrito a seguir:

Nambiar (1975) relata a existência de correlação negativa entre a produção e os caracteres morfológicos de área foliar e tamanho de internódios das plantas. Entretanto, nem sempre se verificam resultados positivos entre parâmetros que sugerem correlações, como a relação entre envergadura e produção indicada por Ohler (1979). Neste caso, a correlação somente será positiva se forem favoráveis o balanço entre as ramificações intensiva e extensiva, o que pode ser comprovado pelos resultados obtidos por Parameswaran *et al.* (1984), que reportaram ser positiva a correlação entre o número de ramos com inflorescências e a produção.

No cajueiro do tipo comum, no entanto, nem sempre o balanço entre os tipos de ramificações é favorável, embora Murthy *et al.* (1984) tenham encontrado, no material estudado, correlação positiva entre o número de panículas e o de flores hermafroditas, diferentemente do que se verifica no cajueiro do tipo anão precoce (Barros, 1988a), como confirmaram Azevedo *et al.* (1998), em plantas dos clones CCP 06, CCP 09, CCP 76 e CCP 1001, encontrando correlações genéticas e fenotípicas positivas entre os caracteres altura de planta, envergadura da copa e o número de ramos primários e secundários. Esta correlação depende, ainda, de outros fatores, como a presença de flores hermafroditas que é correlacionada com a produção (Rao, 1974) e porcentagem de vingamento de frutos (Bueno, 1996).

Paiva *et al.* (1998) demonstraram os efeitos da depressão por endogamia sobre as características vegetativas e de produção, aos 12, 18 e 29 meses de idade das plantas, comparando progênies de clones de cajueiro anão precoce originárias de autofecundações, polinizações livres e de cruzamentos controlados. Os resultados apontaram reduções significativas de até 15,4% no caráter altura da planta, 19,5% no diâmetro da copa, 11,6% no peso da castanha, 12,4% no peso da amêndoa e de 48% na produção.

Por outro lado, Damodaran (1975) evidenciou ocorrência de vigor híbrido no cajueiro para diversos caracteres, entre estes, relatou incrementos de 153% para produção de castanhas em plantas derivadas de cruzamentos. Este fenômeno também foi detectado por Manoj and George (1993) para os caracteres produção, peso de castanha e amêndoa. Cavalcanti *et al.* (2000) avaliaram a heterose em plantas oriundas do cruzamento entre os tipos comum e anão precoce e constataram efeitos de 20% para a altura da planta, 32% para diâmetro da copa, 121% para número de castanha por planta, 192% para produtividade, 15% para peso da castanha e 19% para peso da amêndoa.

Avaliando genótipos obtidos de cruzamentos entre cajueiro anão precoce, Cavalcanti et al. (2003) identificaram incrementos médios de 12%, 19%, 98%, e 97%, para altura da planta, diâmetro da copa (Figura 1), número de castanha por planta e produtividade, respectivamente. Além desses caracteres, Crisóstomo et al. (2002) detectaram heterose para os relacionados ao pedúnculo, com valores de até 100% para a concentração de tanino, 52% para acidez total, 10% para teores de sólidos solúveis, 22% para a textura do pedúnculo e -9% para o pH.



Figura 1. Exemplo do vigor de híbrido (heterose) e da depressão por endogamia no cajueiro. Pacajús, CE.

Recentemente, Cavalcanti et al. (2007), usando os procedimentos REML/BLUP (Resende, 2002) para estudo sobre o controle genético de caracteres relacionados ao vigor da planta, produção de castanhas e qualidade da amêndoa, observaram estimativas das herdabilidades no sentido amplo (h^2_g) e restrito (*i.e.* aditiva, h^2_a). Seus resultados mostraram altas magnitudes de h^2_a para os caracteres altura da planta (89,1% e 86,5%, 1º e 2º anos de avaliação, respectivamente), diâmetro da copa (65,9% e 51,2%), peso da castanha (76,9% e 63,2%) e peso da amêndoa (74,3% e 58,8%), confirmando que estes caracteres estão fortemente sob controle genético aditivo e, assim, simples métodos de seleção podem ser usados para obtenção de ganhos significativos. Por outro lado, o número de castanha por planta e a produtividade tiveram baixas magnitudes das herdabilidades no sentido amplo (variando de 15,8% a 41,1%, em quatro anos de avaliação), com predominância dos efeitos de dominância, portanto, necessitando de métodos de seleção mais complexos. Desta forma, estes autores afirmam que a estratégia de melhoramento de seleção recorrente recíproca apresenta-se como a mais promissora para o melhoramento dessa espécie, sobretudo pela exploração da heterose, por meio de cruzamentos entre os tipos anão precoce e comum, utilizando-se genótipos com os melhores desempenhos médios e as mais altas capacidades específicas de combinação.

Outro parâmetro importante em plantas perenes é a repetibilidade, ou seja, a capacidade de um indivíduo repetir sua performance, para um determinado caráter, no tempo e/ou no espaço. Cavalcanti et al. (2000), estudando seleção de clones de cajueiro anão precoce, estimaram que três medições do caráter produção de castanha e duas para a altura de planta e diâmetro do caule são suficientes para selecionar indivíduos com 95% de certeza da predição dos seus valores reais. Em outro experimento utilizando progênies de irmãos germanos, Cavalcanti et al. (2007) detectaram valores da ordem de apenas 30% para os caracteres número de castanha por planta e produtividade, o que é esperado em função do controle genético citado anteriormente, sendo necessárias quatro avaliações para seleção. Já para os caracteres altura da planta, diâmetro da copa, peso da castanha e peso da amêndoa os valores foram da ordem de 85%, com necessidade de apenas uma mensuração. Esses resultados demonstram que é possível uma redução considerável no tempo do ciclo de seleção, de sete a oito anos para três a quatro, proporcionando um maior ganho genético.

MÉTODOS DE MELHORAMENTO

O melhoramento utilizado no cajueiro anão precoce no Brasil teve início em 1965, no Campo Experimental de Pacajus, município de Pacajus, CE. Constou de uma seleção fenotípica individual, seguido pelo controle anual da produção nas plantas selecionadas. Esta metodologia, embora simples e de ganhos genéticos esperados reduzidos, permitiu o lançamento comercial dos clones CCP 06 e CCP 76, em 1983, e CCP 09 e CCP 1001, em 1987 (Barros et al., 1984; Almeida et al, 1992). Portanto, as pesquisas foram direcionadas para o cajueiro anão precoce que, pela estreita base genética da população inicial, demandava prioritariamente a ampliação da base para os caracteres de interesse agroindustrial. Usou-se a introdução e seleção de plantas em populações segregantes, recombinação genética pelo método do policruzamento e hibridação artificial entre plantas superiores do tipo anão precoce e em cruzamentos entre os tipos anão e comum, resultando na base genética atual em uso na Embrapa Agroindústria Tropical.

As características da planta favorecem a inclusão da planta nos modernos sistemas de produção em fruticultura, razão pela qual o programa de melhoramento do cajueiro foi, até o final da década de 1990, inteiramente direcionado para a obtenção de clones do tipo anão precoce (Barros et al., 2008). Este direcionamento favoreceu diretamente ao segmento produtivo, que pôde aumentar a produtividade dos seus plantios e, indiretamente, ao segmento industrial, que incrementou a disponibilidade de matéria-prima para beneficiamento. Com o acirramento da concorrência, principalmente dos países asiáticos (Vietnam, Filipinas e Indonésia), que vêm aumentando aceleradamente as suas participações, tanto no fornecimento de matéria-prima como

na oferta de amêndoas para o mercado de nozes, o programa de melhoramento foi redirecionado, com prioridade para o peso da amêndoa que é o grande diferencial do produto brasileiro. Em decorrência, o germoplasma do tipo comum passou a ter maior participação na busca por novas combinações gênicas que resultem em plantas precoces, de porte baixo, produtivas, com maior adaptabilidade a diferentes ambientes, maior resistência a doenças e peso de amêndoa que possibilitem a obtenção dos melhores preços no mercado de nozes comestíveis.

A escolha do método na condução de um programa de melhoramento está diretamente relacionada com a biologia reprodutiva da espécie, ou seja, é importante conhecer se a espécie é de cruzamento ou de autofecundação. O cajueiro sendo uma espécie em que predomina a fecundação cruzada, o método de melhoramento a ser empregado deve ser inerente a este grupo de plantas.

O melhoramento do cajueiro é facilitado pela possibilidade de multiplicação assexuada dos melhores indivíduos em qualquer etapa do programa, razão pela qual a prospecção em áreas de diversidade e seleção clonal foram as metodologias mais simples e que possibilitaram ganhos mais rápidos de seleção. Entretanto, o melhoramento de populações deve ser perseguido para o aumento da frequência de alelos favoráveis nas populações do programa de melhoramento desta espécie. Porém, para que se obtenha sucesso é necessário que se disponha de variabilidade genética na população original. Além disto, outros fatores, como o método de seleção adotado, a precisão nas avaliações dos genótipos, a correta interpretação dos efeitos do ambiente, as interações genótipos x locais e genótipos x anos, a identificação de efeitos pleiotrópicos e das correlações genéticas e fenotípicas entre caracteres (Paterniani & Miranda Filho, 1987) devem ser rigorosamente observados. Além destes, Vencovsky (1987) acrescenta o tipo de ação gênica envolvida, a precisão experimental e a continuidade dos programas como fatores que influenciam no sucesso do melhoramento de populações.

Resende (2002), também cita que a eficiência do método de melhoramento depende do mecanismo genético envolvido na herança do carácter a ser melhorado, como o número de genes que o influenciam, efeitos e ações gênicas, herdabilidade, repetibilidade e associações com outros caracteres. Neste sentido, uma eficiente estimativa dos parâmetros genéticos constitui base fundamental para o sucesso de qualquer programa de melhoramento.

Não obstante o uso do método de seleção recorrente de famílias de meios-irmãos ser atualmente o método mais empregado no melhoramento do cajueiro, pela sua praticidade, a utilização da hibridação para a exploração da heterose apresenta-se como uma estratégia de grande potencial e deve ser explorada, apesar da baixa porcentagem de sucesso no pagamento dos cruzamentos, em torno de 5% apenas. Entretanto, com a possibilidade de propagação vegetativa no cajueiro, o vigor híbrido presente nas novas combinações, é capitalizado em sua

totalidade, logo na primeira geração, pela seleção e clonagem dos indivíduos superiores. Nesse sentido, o emprego da seleção recorrente recíproca (Comstock *et al.*, 1949), usando as populações de cajueiro do tipo anão e o comum, pela maior base genética presente neste tipo, torna-se uma estratégia bastante propícia e oportuna. Desta forma, atualmente o programa de melhoramento do cajueiro da Embrapa Agroindústria Tropical tem focado na geração de vários híbridos simples, duplos e triplos.

Como na grande maioria das culturas, um grande desafio no melhoramento do cajueiro é superar e explorar as propriedades inerentes à interação genótipos x ambientes, através da implantação de experimentos em diferentes ambientes, sobretudo em função da expansão do cultivo para outros ecossistemas, devido aos números gerados pela cadeia agroindustrial do caju que colaboraram para a expansão da cajucultura em novas áreas, principalmente o cerrado e o semi-árido, demandando o emprego de métodos de seleção mais elaborados para obtenção de clones específicos a esses ambientes, diante das poucas alternativas.

CULTIVARES

Além dos clones CCP 06 e CCP 76, CCP 09 e CCP 1001 lançados a partir da década de 90, novos clones comerciais foram disponibilizados: Embrapa 50, Embrapa 51, BRS 189, BRS 226, BRS 253 e BRS 265, todos de cajueiro anão precoce; BRS 274, primeiro clone de cajueiro comum; e BRS 275, primeiro clone de híbrido anão x comum, proporcionando aos produtores alternativas para a exploração desta cultura em outros ecossistemas (Tabela 3).

Tabela 3. Principais características agroindustriais dos clones de cajueiro no sexto ano de idade das plantas em condições de experimento, no município de Pacajus, CE.

Clone	Altura da planta	Diâmetro da copa	Produtividade	Peso da castanha	Peso da amêndoa	Porcentagem de amêndoa/castanha	Peso médio do pedúnculo	Coloração do pedúnculo
CCP 06	2,1	4,5	283	6,4	1,6	24,8	76,5	amarela
CCP 09	2,5	4,6	412*	7,7	2,1	27,7	87,0	laranja
CCP 76	2,7	5,0	1237 ⁽¹⁾	8,6	1,8	20,1	135,0	laranja
CCP 1001	2,8	5,0	547*	7,0	1,9	28,1	84,6	laranja
EMBRAPA 50	3,4	7,7	1261	11,2	3,0	24,8	111,4	amarela
EMBRAPA 51	3,5	7,8	1255	10,4	2,6	24,5	104,0	vermelha
BRS 189	3,2	5,9	562	7,9	2,1	26,6	155,4	vermelha
BRS 226	1,4	3,3	470 ⁽²⁾	9,7	2,7	22,1	102,6	laranja
BRS 253	4,1	7,5	1509	10,2	2,7	26,3	91,3	vermelha
BRS 265	2,5	5,6	1155	12,5	2,6	21,26	118,2	vermelha
BRS 274	5,1 ⁽³⁾	11,0 ⁽³⁾	1037 ⁽⁴⁾	16,0	3,5	21,6	128,6	laranja
BRS 275	5,3 ⁽³⁾	9,7 ⁽³⁾	1226 ⁽⁴⁾	11,4	3,1	27,5	108,0	laranja

⁽¹⁾ Produtividade no sétimo ano de idade das plantas no município de Pacajus, CE (Crisóstomo et al 2004); ⁽²⁾ Produtividade no quarto ano de idade das plantas no município de Pio IX, PI (corresponde ao CAC 42 citado por Cavalcanti et al. (1998). ⁽³⁾ Avaliação no oitavo ano de idade no município de Beberibe, CE. ⁽⁴⁾ Produtividade no quinto ano de idade no município de Beberibe, CE. *: há registros com produtividades superiores a 1.000 kg.ha⁻¹ para os clones CCP 09 e CCP 1001 (dados não publicados).

Como exemplo do significativo ganho desses novos clones, podemos citar o incremento alcançado no peso da amêndoa (Figura 2). Comparando os clones de cajueiro anão, os novos possuem amêndoas superiores aos quatro primeiros gerados, com ganhos superiores a 22%. O BRS 274 (comum) e BRS 275 (híbrido), lançados em 2007, ainda possuem valores mais expressivos. Importante observar que todos os novos clones, com exceção do BRS 189 (primeiro material desenvolvido para exploração pedúnculo, como principal produto), ultrapassam os 2,54 g, peso mínimo para a obtenção da amêndoa com a melhor cotação no mercado internacional (SLW), representando um grande avanço.

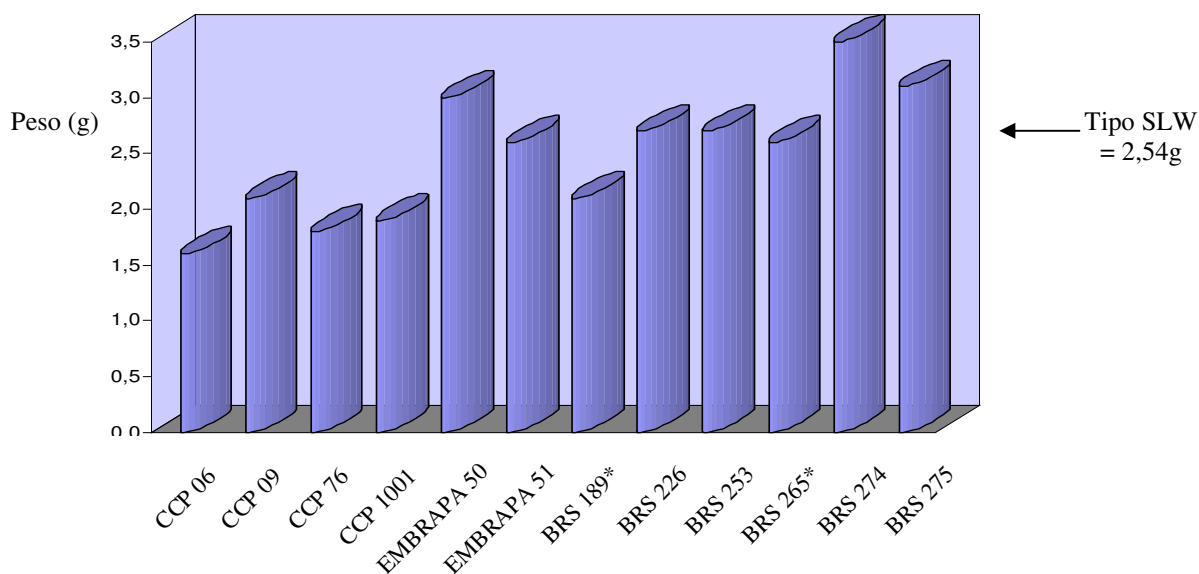


Figura 2. Evolução dos clones de cajueiro quanto ao peso da amêndoa, em ordem cronológica de lançamento. *: clones desenvolvidos para consumo *in natura* do pedúnculo.

NOVAS ESTRATÉGIAS DO MELHORAMENTO

Para enfrentar os presentes desafios da cultura do cajueiro, novas estratégias devem ser utilizadas, tanto no melhoramento convencional, como no assistido por marcadores moleculares, entre outras ferramentas. Atualmente, o programa de melhoramento introduziu e tem direcionado esforços para o uso de duas novas estratégias:

Seleção Precoce Intensiva (SPI)

Um dos fatores limitantes dos programas de melhoramento genético, sobretudo de plantas perenes, é a necessidade de grandes áreas experimentais. Essa nova metodologia SPI proposta para o programa de melhoramento do cajueiro tem o objetivo principal de aumentar o ganho genético por área e tempo. É um método simples, onde teremos um adensamento quatro vezes maior que o tradicional e uma seleção precoce baseada em caracteres de alta herdabilidade, nos dois primeiros anos de idade das plantas. No SPI será selecionado apenas um indivíduo para cada grupo de quatro, eliminando os não selecionados (Figura 2). Esta estratégia fundamenta-se em observações anteriormente realizadas em diversos experimentos do programa, onde se percebe que 84% das plantas oriundas dos testes de progênies e 70% dos híbridos anão x comum gerados produzem castanhas com peso inferior a 10 g (indesejável para a cultura), e aproximadamente 58% delas apresentam alta susceptibilidade à antracnose e 31% ao mofo preto. Além disso, parte significativa das plantas mostra desenvolvimento vegetativo atípico e sem

produção. Sendo assim, a eliminação destes indivíduos indesejáveis proporcionará um ganho genético na população a ser avaliada.

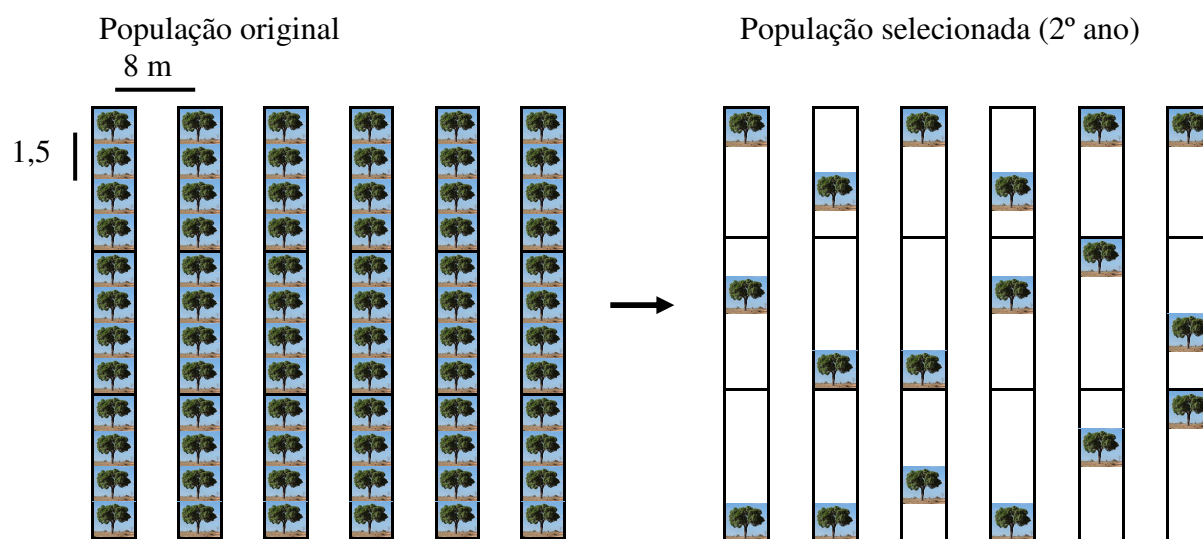


Figura 2. Exemplo do esquema de Seleção Precoce Intensiva (SPI).

O ganho de seleção será estimado da seguinte forma:

$G_s = PO - PSP$; onde G_s = ganho de seleção; PO : é a média da população original e PSP : é a média da população de seleção precoce.

Com este procedimento espera-se um ganho inicial quatro vezes maior que o ganho utilizando o método tradicional, ou seja, para obter os mesmos indivíduos selecionados. Uma desvantagem é o espaçamento diferenciado entre plantas dentro das linhas, porém acredita-se que será compensada pela menor variabilidade dentro das parcelas, contribuindo para a redução do erro experimental, e pelo ganho.

Para conclusão do processo seletivo, em função dos caracteres de baixa herdabilidade (produção por exemplo), que necessitam de um maior período de avaliação, a seleção continua como no método tradicional, ou seja, a PSP permanece sendo avaliada até a finalização do processo (5 a 6 anos).

Seleção assistida por marcadores moleculares

O programa de melhoramento genético do cajueiro tem alcançado excelentes resultados nas últimas décadas. No entanto, o emprego das técnicas convencionais de melhoramento em plantas perenes é dificultado por uma série de fatores, como por exemplo: longo período juvenil e tempo necessário para avaliações, alta heterozigosidade dos genótipos, efeitos ambientais expressivos, além da necessidade de grandes áreas experimentais. Uma ferramenta importante

para auxiliar na superação desses problemas é a seleção assistida por marcadores (SAM). Este método consiste na integração de informações da genética molecular com a seleção fenotípica e se constitui em uma das mais potentes estratégias para o melhoramento de plantas (Lande e Thompson, 1990).

A associação de marcadores moleculares ligados a caracteres agronômicos de interesse é uma das mais úteis e efetivas aplicações da biologia molecular. Os genes ou grupos de genes que contribuem para caracteres poligênicos, tais como produção, qualidade do fruto e arquitetura da planta, são conhecidos como “*Quantitative Trait Loci*” (QTLs), ou seja, locos que controlam caracteres quantitativos. A análise de QTL é baseada na combinação de mapas de ligação e avaliações fenotípicas precisas, utilizando o caráter (fenótipo), marcadores genéticos polimórficos e a configuração genética da população mapeada. A estratégia fundamental da análise de QTL é a identificação de correlações entre a variação genética específica do caráter quantitativo e a detecção do polimorfismo do genoma segregante pelo arranjo dos marcadores moleculares ligados (Lande e Thompson, 1990).

Poucos estudos moleculares têm sido realizados no cajueiro e a maioria está dirigida para estudos de diversidade genética em clones e genótipos selvagens do banco de germoplasma (Mnoney *et al.*, 2001; Dhanaraj *et al.*, 2002; Archak *et al.*, 2003a; 2003b).

Com o objetivo de identificar QTLs para uso na seleção assistida por marcadores, Cavalcanti (2004) e Cavalcanti e Wilkinson (2007) desenvolveram os primeiros mapas genéticos para o cajueiro, utilizando marcadores AFLP e microssatélites (SSR). O mapa do genitor feminino (CCP 1001) apresentou 19 grupos de ligação, enquanto o mapa do genitor masculino (CP 96) apresentou 23 grupos de ligação, sendo próximo ao número haplóide aceito para o cajueiro que é de $n = 21$ (Aliyu e Awopetu, 2007). Segundo os autores a adição de novos marcadores torna-se fundamental para aumentar a saturação e representatividade do mapa genético em relação ao genoma, ou seja, ao verdadeiro número e tamanho dos cromossomos da espécie. No entanto, estes mapas podem e estão sendo utilizados como ponto de partida para futuros estudos nesta cultura. De fato, Cavalcanti (2004) usando estes mapas, identificou os primeiros três QTLs no cajueiro: um para altura da planta (*ph-1m*), um para diâmetro de copa (*cd-1m*) e um para o caráter severidade do mofo preto, responsáveis por explicar 22,8 %, 9,6% e 21,8% da variação fenotípica, respectivamente.

Adicionalmente, usando os mesmos mapas, Santos (2008) identificou 48 QTLs candidatos associados à qualidade do pedúnculo: peso, tamanho (comprimento, diâmetros basal e apical), teores de fenólicos oligoméricos, sólidos solúveis totais, acidez total titulável, doçura e vitamina C. Estes QTLs explicaram entre 3,15 % e 21,33 % da variação fenotípica total e encontram-se

em processo de validação para que possam ser utilizados na seleção assistida por marcadores em programas de melhoramento genético do cajueiro.

Adicionalmente, o uso da seleção assistida por marcadores vislumbra como uma ferramenta importante para auxiliar a superar os efeitos da interação genótipo x ambiente. De acordo com Yan et al. (1999) e Cao et al. (2001) há três tipos de QTLs: 1) os que demonstram efeitos genéticos principais comuns a diferentes ambientes; 2) os que apresentam efeitos de interação com ambiente, dependentes de ambientes específicos para se pronunciarem; e 3) os com comportamento misto, *i.e.* com efeitos principais e com presença de interação QTL x ambiente.

Na seleção assistida por marcadores no cajueiro, a estratégia inicial será o emprego de QTLs mais fáceis de manipulação, ou seja, os do tipo 1, sobretudo nos caracteres mais complexos, que apresentam baixa herdabilidade e forte interação GA, para o desenvolvimento de genótipos com ampla adaptabilidade, como sugerem Liu et al. (2006). QTLs pouco sensíveis ao ambiente relacionados a caracteres de herdabilidade alta, como a altura de planta, peso de castanha e às qualidades do pedúnculo, geralmente não são interessantes, pois a seleção fenotípica é suficientemente eficiente, mesmo usando métodos simples de melhoramento. Entretanto, no caso do cajueiro, o uso destes QTLs se constitui numa importante ferramenta, pois podem ser usados na seleção de indivíduos antes do plantio definitivo (seleção precoce), ampliando as chances de ganhos genéticos significativos.

Uma outra aplicação dos marcadores moleculares, com impacto imediato esperado, é a identificação do tipo de cruzamento presente na geração de cada indivíduo. Isto porque o método mais utilizado neste programa tem sido a seleção recorrente utilizando famílias de meios-irmãos, gerando genótipos oriundos de polinizações livres, gerados ao acaso por autofecundação ou cruzamento, ocasionando grande variabilidade genética dentro das parcelas e contribuindo significativamente para o aumento do erro experimental, dificultando o processo seletivo, pois se por um lado temos a depressão por endogamia atuando nos indivíduos originados por autofecundação, por outro, temos indivíduos expressando vigor híbrido, ou seja, naqueles obtidos por cruzamento natural entre indivíduos. O uso de marcadores moleculares pode solucionar este problema, pois permite a identificação de plantas oriundas de autofecundação, as quais serão eliminadas antes do plantio definitivo, ampliando a precisão dos experimentos e eficácia do programa de melhoramento. Estudos nesse sentido já foram iniciados na Embrapa Agroindústria Tropical e têm apresentado resultados promissores.

O uso conjunto da seleção precoce intensiva com os marcadores moleculares para detectar indivíduos endogâmicos e QTLs se constituirá num avanço importante para o melhoramento do

cajueiro, pois um maior número de plantas poderão ser avaliados para uma mesma área experimental, proporcionando maiores ganhos genéticos e redução de custo.

REFERÊNCIAS

Aliyu, O. M.; Awopetu, J. A. Chromosome studies in cashew (*Anacardium occidentale* L.). **African Journal Biotechnology**, v.6, n.2, p.131-136. 2007.

Archak, S.; Gaikwad, A. B.; Gautam, D.; Rao, E. V. V. B.; Swamy, K. R. M.; Karihaloo, J. L. Comparative assessment of DNA fingerprinting techniques (RAPD, ISSR and AFLP) for genetic analysis of cashew (*Anacardium occidentale* L.) accessions of India. **Genome**, v.46, n.3, p.362-369. 2003a.

Archak, S.; Gaikwad, A. B.; Gautam, D.; Rao, E. V. V. B.; Swamy, K. R. M.; Karihaloo, J. L. DNA fingerprinting of India cashew (*Anacardium occidentale* L.) varieties using RAPD and AFLP techniques. **Euphytica**, v.230, p.397-404. 2003b.

Azevedo, D. M. P.; Crisóstomo, J. R.; Almeida, F. C. G.; Rosseti, A. G. Estimates of genetic correlations and correlated responses to selection in cashew (*Anacardium occidentale* L.) **Genetics and Molecular Biology**, v.21, n.3, p.399-402. 1998.

Bailey, L. H. **The standard cyclopedia of horticulture**. New York MacMillan. 1942. 1200 p.

Barros, L. M. Biologia floral, colheita e rendimento. In: Lima, V. P. M. S. (Ed.). **A cultura do cajueiro no Nordeste do Brasil**. Fortaleza: BNB/Etene, p.301-319, 1988a. (BNB/Etene. Estudos Econômicos e Sociais, 35).

Barros, L. M. **Melhoramento**. In: Lima, V. P. M. S. (Ed.). **A cultura do cajueiro no Nordeste do Brasil**. Fortaleza: BNB/Etene, p.321-356 1988b. (BNB/Etene. Estudos Econômicos e Sociais, 35).

Barros, L. M. Botânica, Origem e Distribuição Geográfica. In: Araújo, J. P. P. e Silva, V. V. (Ed.). **Cajucultura: Modernas Técnicas de Produção**. Fortaleza: EMBRAPA/CNPAT, p.54-71, 1995.

Barros, L. M.; Araújo, F. E.; Almeida, J. I. L.; Teixeira, L. M. S. **A cultura do cajueiro ano**. Fortaleza: EPACE. 1984. 67 p.

Barros, L. M.; Crisóstomo, J. R. Melhoramento Genético do Cajueiro. In: Araújo, J. P. P. e Silva, V. V. (Ed.). **Cajucultura: Modernas Técnicas de Produção**. Fortaleza: EMBRAPA/CNPAT, p.73-96, 1995.

Barros, L. M.; Paiva, J. R.; Cavalcanti, J. J. V., Alves, R. E. and Lima, A. C. BRS 189 dwarf cashew clone cultivar. **Crop Breeding & Applied Biotechnology**. 2, 157-158. 2002.

Barros, L. M.; Paiva, J. R.; Crisóstomo, J. R.; Cavalcanti, J. J. V. Cajueiro. In Bruckner, C. H. (Ed.) **Melhoramento de Fruteiras Tropicais**. Viçosa, UFV. p 159-176. 2002.

Barros, L. M.; Crisóstomo, J. R.; Paiva, J. R.; Oliveira, V. H. O agronegócio do Caju. In: Albuquerque, A. C. S. e Silva, A. G. (Ed.). **Agricultura Tropical: quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas**. Brasília: Embrapa Informações Tecnológicas, p.341 - 357, 2008.

- Bueno, D. M. Estudo Da Floração, Frutificação, Embriogênese Final Zigótica E Anatomia Do Pericarpo Do Cajueiro Anão Precoce (*Anacardium occidentale* L.). (Tese de Doutorado). UFV, Viçosa, 1996. 95 p.
- Cao, G. Q.; Zhu, J.; He, C. X.; Gao, Y. M.; Yan, J. Q.; Wu, P. Impacts of epistasis and QTL x environment interaction for developmental behavior of plant height in rice (*Oryza sativa* L.). **Theoretical Applied Genetics**, v. 103, p. 153-160, 2001.
- Cavalcanti, J. J. V. **Genetic mapping and QTL identification in cashew (*Anacardium occidentale* L.)**. (Tese PhD). University of Reading, Reading, 2004. 178 p.
- Cavalcanti, J. J. V.; Crisostomo, J. R.; Barros, L. M.; Paiva, J. R. Heterose em cajueiro anão precoce. **Ciencia e Agrotecnologia**, v.27, n.3, p.565-570. 2003.
- Cavalcanti, J. J. V.; Paiva, J. R.; Barros, L. M.; Crisóstomo, J. R.; Correa, M. P. F. Repetibilidade de caracteres de produção e porte da planta em clones de cajueiro anão precoce. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v.35, n.4, p.773-777. 2000.
- Cavalcanti, J. J. V.; Pinto, C. A. B. P.; Crisostomo, J. R.; Ferreira, D. F. Análise dialélica para avaliação de híbridos interpopulacionais de cajueiro. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v.35, n.8, p.1567-1575. 2000.
- Cavalcanti, J. J. V.; Resende, M. D. D.; Crisostomo, J. R.; Barros, L. D.; Paiva, J. R. D. Genetic control of quantitative traits and hybrid breeding strategies for cashew improvement. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.7, n.2, p.186-195. 2007.
- Cavalcanti, J. J. V.; Wilkinson, M. J. The first genetic maps of cashew (*Anacardium occidentale* L.). **Euphytica**, v.157, p.131-143. 2007.
- Cardoso, J. E., Cavalcanti, J. J. V., Cavalcante, M. J. B. d., Aragao, M. L. d. and Felipe, E. M. Genetic resistance of dwarf cashew (*Anacardium occidentale* L.) to anthracnose, black mold, and angular leaf spot. *Crop Protection*. **18**, 23-27. 1999.
- Comstock, R.E.; Robinson, H.F.; Harvey, P. H. A breeding procedure designed to make maximum use of both general and specific combining ability. **Agronomy Journal**, v. 41, p. 360-367. 1949.
- Crisóstomo, J. R.; Cavalcanti, J. J. V.; Barros, L. D.; Alves, R. E.; Freitas, J. G.; Oliveira, O. N. Melhoramento do cajueiro-anão-precoce: avaliação da qualidade do pedúnculo e a heterose dos seus híbridos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.24, n.2, p.477-480. 2002.
- Damodaran, V. K. Hybrid vigour in cashew (*Anacardium occidentale* L.). **Agric. Pes. Journal Kerala**, v.13, p.195-196. 1975.
- Darlington, C. D.; Janaki Ammal, E. K. **Chromosome atlas of cultivated plants**. London: George Allen and Unwin 1945. 397 p.
- Dhanaraj, A. L.; Rao, E. V. V. B.; Swamy, K. R. M.; Bhat, M. G.; Prasad, D. T.; Sondur, S. N. Using RAPDs to assess the diversity in Indian cashew (*Anacardium occidentale* L.) germplasm. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, v.77, n.1, p.41-47. 2002.
- Faluyi, M. A. The natural breeding system of cashew (*Anacardium occidentale* L.) and its influence on yield in southwestern Nigeria. **Nigeria Journal Science**, Ibadan, v. 17, n. 1, p. 51-60, 1983.
- Fao. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <<<http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567>>>. 27. abr. 2009.

- Figueiredo Junior, H. S. Desafios para a cajucultura no Brasil: o comportamento da oferta e da demanda de castanha-de-caju. **Revista Econômica do Nordeste**, v. 37, n.4, p.550-571. 2006.
- Gazzola, R.; Gazzola, J.; Coelho, C. H. M.; Souza, G. S.; Wander, A. E.; Cabral, J. E. O. **Considerações sobre a amêndoa da castanha-de-caju - aspectos nutricionais e de mercado** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOOOOGIA RURAL. Londrina: Sober, p.65, 2007.
- Johnson, D. V. The botany, origin and spread of cashew (*Anacardium occidentale* L.). **Journal of plantation crops**, v.1, n.1, p.1-7. 1973.
- Khosla, P. K.; Sareen, T. S.; Mehra, P. N. Cytological studies on himalayan *Anacardiaceae*. **The Nucleous**, v.4, n.3, p.205-209. 1973.
- Lande, R.; Thompson, R. Efficiency of marker-assisted selection in the improvement of quantitative traits. **Genetics**, v.124, p.743-756. 1990.
- Leite, L. A. S.; Pessoa, P. F. A. P. Aspectos sócio-econômicos. In: Barros, L. M. (Ed.). **Caju Produção: aspectos técnicos**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p.15-17, 2002. (Frutas do Brasil, 30).
- Liu, P. Y.; Zhu, J.; Yan, L. Impacts of QTL x environment interactions on genetic response to marker-assisted selection. **Acta Genetics Sinica**, v.33, n.1, p. 63-71. 2006.
- Machado, O. Estudos novos sobre uma planta velha - o cajueiro (*Anacardium occidentale* L.). **Rodriguesia**, v.8, p.19-48. 1944.
- Manoj, P. S.; George, T. E. Heterosis in cashew (*Anacardium occidentale* L.). **Cashew**, v.7, n.3, p.7-9. 1993.
- Mitchell, J. D.; Mori, S. A. The cashew and its relatives (*Anacardium: Anacardiaceae*). **Memories on the New York botanical garden**, v.42, p.1-76. 1987.
- Mneney, E. E.; Mantell, S. H.; Bennett, M. Use of random amplified polymorphic DNA (RAPD) markers to reveal genetic diversity within and between populations of cashew (*Anacardium occidentale* L.). **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, v.76, n.4, p.375-383. 2001.
- Murthy, K. N.; K, V.; Pillai, R. S. N.; Kumaran, P. M. **Aspects of flowering behaviour and correlation studies in cashew tree (*Anacardium occidentale* L.)**. In: Proceedings of the International Cashew Symposium. Cochin, Kerala: Central Plantation Crop Research Institute (ICAR), p.279-280, 1984.
- Nambiar, M. C. Ecophysiology of cashew (*Anacardium occidentale* L). In: Alvim, P. T. (Ed.). **Ecophysiology of Tropical Crops**. Ilheus, p.1-26, 1975.
- Ohler, J. G. **Cashew**. Amsterdam: Kominklijk : Instituut Voor de Tropen. 1979. 260 p.
- Paiva, J. R.; Barros, L. M.; Crisóstomo, J. R.; Araújo, J. P. P.; Rosseti, A. G.; Cavalcanti, J. J. V.; Felipe, E. M. Depressão por endogamia em progênies de cajueiro anão precoce (*Anacardium occidentale* L.) var. nanum. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.33, n.4, p.425-431. 1998.
- Paiva, J.R.; Cardoso, J. E.; Barros, L. M.; Crisóstomo, J. R.; Cavalcanti, J.J.V.; Alencar, E. S. Clone de cajueiro-anão precoce BRS 226 ou Planalto: Nova alternativa para a região semi-árida do Nordeste. Fortaleza, Embrapa-CNPAT, 2002. 4p. (Embrapa-CNPAT. **Comunicado Técnico**, 78).

Paiva, J.R.; Barros, L. M.; Cavalcanti, J.J.V. Seleção precoce de clones de cajueiro- anão para o cultivo em sequeiro na região Nordeste. Fortaleza, Embrapa-CNPAT, 2003. 4p. (Embrapa-CNPAT. **Comunicado Técnico, 84**).

Parameswaran, N.; Daramodaran, V.; Prabhakaran, P. Factors influencing yield in cashew (*Anacardium occidentale* L.). **Indian Cashew J**, v.16, p.15-19. 1984.

Paterniani, E.; Miranda Filho, J.B. Melhoramento de populações. In: Paterniani, E.; Viegas, G.P. **Melhoramento e produção do milho**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. p.217-274.

Rao, V. N. M. ; Hassan, M. V. Preliminary studies on the floral biology of cashew (*Anacardium occidentale* L.). **Indian Journal of Agricultural Sciences**, New Delhi, v. 27, p. 277-288, 1957.

Resende, M. D. V. **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. 2002. 975 p.

Santos, F. H. C. Identificação de QTLs associados à qualidade pós-colheita do pedúnculo de caju. (Dissertação de Mestrado). UFC, Fortaleza, 2008. 123 p.

Simmonds, N. W. *Principles of Crop Improvement*. New York: Longman Inc. 1979. 386 p.

Vencovsky, R. Herança Quantitativa. In: Paterniani, E.; Viegas, G.P. **Melhoramento e produção do milho**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. p.137-215.

Yan, J. Q.; Zhu, J.; He, C. X.; Benmoussa, M.; Wu, P. Molecular marker-assisted dissection of genotypes x environment interaction for plant type traits in rice (*Oryza sativa* L.). *Crop Science*, v.39, p. 538-544, 1999.