



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA/FITOTECNIA**

**TOMIL RICARDO MAIA DE SOUSA**

**ESTIMATIVAS DE PARÂMETROS GENÉTICOS E FENOTÍPICOS NO CAJUEIRO**  
**ANÃO PRECOCE PARA ANTRACNOSE E MOFO PRETO**

**FORTALEZA**

**2009**

TOMIL RICARDO MAIA DE SOUSA

ESTIMATIVAS DE PARÂMETROS GENÉTICOS E FENOTÍPICOS NO CAJUEIRO  
ANÃO PRECOCE PARA ANTRACNOSE E MOFO PRETO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Fitotecnia. Área de concentração: Melhoramento de Plantas.

Orientador: Prof. Ph.D., José Jaime Vasconcelos Cavalcanti.

Coorientador: Dr. Francisco Marto Pinto Viana

FORTALEZA

2009

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária  
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

S698e Sousa, Tomil Ricardo Maia de.  
Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos no cajueiro anão precoce para antracnose e mofo preto  
/ Tomil Ricardo Maia de Sousa. – 2009.  
51 f. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Fitotecnia), Fortaleza, 2009.

Orientação: Prof. Dr. José Jaime Vasconcelos Cavalcanti.

Coorientação: Prof. Dr. Francisco Marto Pinto Viana.

1. Cajueiro . 2. Melhoramento genético. 3. Resistência a doenças. 4. Antracnose. 5. Mofo preto. I.  
Título.

CDD 630

---

TOMIL RICARDO MAIA DE SOUSA

ESTIMATIVAS DE PARÂMETROS GENÉTICOS E FENOTÍPICOS NO CAJUEIRO  
ANÃO PRECOCE PARA ANTRACNOSE E MOFO PRETO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Fitotecnia. Área de concentração: Melhoramento de Plantas.

Aprovada em \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

BANCA EXAMINADORA

---

Dr. José Jaime Vasconcelos Cavalcanti (Orientador)  
Pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical

---

Dr. Francisco Marto Pinto Viana (Coorientador)  
Pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical

---

Dra. Cândida Hermínia Campos de Magalhães Bertini  
Professora da Universidade Federal do Ceará

---

Dr. José Emilson Cardoso  
Pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical

Aos meus pais Edilson Cândido de Sousa e Francisca Nunes Maia de Sousa, às minhas irmãs Flávia Érica Maia de Sousa e Sávia Erma Maia de Sousa e a minha namorada Cleide Maria da Silva Bravo pelo apoio e compreensão em todos os momentos difíceis e ao amor a mim dedicado.

## AGRADECIMENTOS

Ao apoio recebido pela CAPES, pois o presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

À Deus por me conceder o Dom da vida e me capacitar a vencer todos os desafios por mim enfrentados.

À Universidade Federal do Ceará por disponibilizar o curso de pós-graduação em Agronomia/Fitotecnia.

À EMBRAPA Agroindústria Tropical por ceder todo o material, instalações e equipamentos necessários à realização deste trabalho.

Aos meus “mestres”, meus orientadores Dr. José Jaime Vasconcelos Cavalcanti, Dr. José Emilson Cardoso e Dr. Francisco Marto Pinto Viana por todos os ensinamentos, conselhos, amizade e confiança, os quais levaram a obter sucesso profissional.

A todos os professores do curso de pós-graduação em Agronomia/Fitotecnia da Universidade Federal do Ceará, que trabalham e se empenham para a formação de bons profissionais.

Aos doutores Francisco das Chagas Oliveira Freire, Antônio Apoliano dos Santos e ao técnico Raimundo Nonato Martins Souza por todos os ensinamentos e ajuda prestada.

À equipe do Laboratório de Fitopatologia: Alex Queiroz Cysne, Cássia Pinheiro, Fábio Costa, Joilson Silva Lima, Ana Carolina Comunale, Denise de Castro Lima, Raul Monte Belo por toda a ajuda na condução dos experimentos.

A todos os colegas da Agronomia e do curso de pós-graduação por todas as experiências vividas, a união, a solidariedade e ajuda mútua, em especial aos meus amigos Rodrigo Luis dos Santos Martins e Fabrício Ferreira Lima, Luís Clênio Jário Moreira, Fábio Diniz, Tiago Nascimento, Francisco Thiago Cunha Dias, Felipe de Sousa Barbosa, Hayna Abud Fernandes, Raimundo Arilson e Francisco Herberth por fazerem parte dos momentos alegres e difíceis vividos durante o curso.

Enfim, a todos que de alguma forma contribuíram para o sucesso não só deste trabalho, mas que de alguma forma influenciaram e fizeram parte de minha vida.

Quem semeia pouco  
Colherá pouco  
Quem semeia com largueza  
Colherá com largueza.

**São Paulo**

## RESUMO

No programa de melhoramento do cajueiro, diversos atributos vêm sendo considerados até que se realize a seleção de um novo clone. Um desses atributos deve ser a resistência genética a doenças, mas ainda é pouco conhecido e explorado em estudos com cajueiro. Como se pode perceber, a estreita base genética utilizada no programa de melhoramento resulta em problemas relacionados à resistência a patógenos, já que alguns dos clones existentes se apresentam suscetíveis às duas principais doenças do cajueiro (antracnose e mofo preto). As estimativas de parâmetros genéticos e a sua compreensão são importantes no conhecimento da estrutura genética da população, na inferência da variabilidade genética presente na população, além de proporcionar subsídios para prever os ganhos genéticos e o possível sucesso no programa de melhoramento. O presente trabalho teve o objetivo de estimar os parâmetros genéticos em progênies de meio-irmãos de cajueiro anão precoce e o desempenho dessas sob diferentes ambientes para os caracteres de resistência a antracnose e mofo preto. O experimento foi instalado em março de 2007 no Campo Experimental de Pacajus e no Campo Experimental de Paraipaba, pertencentes à Embrapa Agroindústria Tropical, localizados respectivamente nos municípios de Pacajus e Paraipaba, ambas no estado do Ceará. Também foram realizadas avaliações de ocorrência e severidade das doenças: antracnose e mofo preto, usando uma escala de notas de 0 a 4. Em Pacajus obtiveram-se valores pouco significativos de herdabilidades para severidade da antracnose, alcançando o valor de 29,4%. Para severidade do mofo preto ainda nesse município, obtiveram-se valores de até 73,5%, ambos para herdabilidade dentro da progênie. Já em Paraipaba, para severidade da antracnose, os resultados de herdabilidade alcançaram até 65,9% e 71,3%, para as herdabilidades dentro e média, respectivamente. Para severidade do mofo preto em Paraipaba foram obtidos valores acima de 65% para as herdabilidades. As estimativas dos parâmetros genéticos em estudo apresentam valores significativos para antracnose e mofo preto, indicando presença importante de variância genética entre as progênies de cajueiro. A seleção entre progênies e dentro delas deverá conduzir a elevados ganhos para severidade da antracnose e do mofo preto.

**Palavras-chave:** Cajueiro. Melhoramento genético. Resistência a doenças. Antracnose. Mofo preto.



## ABSTRACT

The cashew breeding program various attributes of the is being considered until they realize the selection of a new clone and one of these must be the genetic resistance to disease, but in cashew this attribute is still well known and exploited. However the close genetic base used in the breeding program resulted in problems related to resistance to pathogens, since some of the existing clones is likely present the two main diseases of cashew (anthracnose and black mold). Estimates and understanding of genetic parameters are important in knowledge the genetic structure of the population, the inference of genetic variability in this population, besides providing subsidies to predict the genetic gains and the possible success in the breeding program. The objectives of this work were to estimate genetic parameters in half-sib progenies of early dwarf cashew and performance under these different environments for the characters of resistance to anthracnose and black mold. The study was installed out at the experimental station in the Experimental Field of Pacajus and Experimental Paraipaba, belonging to Embrapa Agroindústria Tropical in March 2007, respectively located in the municipalities of Pacajus and Paraipaba both in the state of Ceará. Evaluations of occurrence and severity of diseases: anthracnose and black mold, using a scale of grades 0 to 4. In Pacajus there were negligible amounts of heritabilities for the anthracnose severity, reaching a value of 29.4% for severity of black mold is returned values of up to 73.5%, both for heritability in the progeny, and for Paraipaba for severity of anthracnose, the heritability of results achieved by 65.9% and 71.3% for the heritability within and average, respectively. For severity of black mold values were above 65% for heritability. Estimates of genetic parameters in the study have significant values to anthracnose and black mold, indicating presence of significant genetic variance among the released progenies of cashew. The selection between and within progenies should lead to higher earnings for severity of anthracnose and black mold.

**Keywords:** Cashew. Plant breeding. Disease resistance. Anthracnose. Black mold.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Comportamento de progênies de cajueiro anão precoce quanto ao grau de severidade de mofo preto da média de dois anos em Pacajus. Médias não transformadas. Escala de notas de 0 a 4..... 41
- Figura 2 – Comportamento de progênies de cajueiro anão precoce quanto ao grau de severidade de antracnose geral (SAG) da média de dois anos em Paraipaba. Médias não transformadas. Escala de notas de 0 a 4..... 42
- Figura 3 – Comportamento de progênies de cajueiro anão precoce quanto ao grau de severidade de mofo preto da média de dois anos em Paraipaba. Médias não transformadas. Escala de notas de 0 a 4..... 42
- Figura 4 – Comportamento de progênies de cajueiro anão precoce quanto ao grau de severidade de mofo preto geral (MPG) da média de dois locais nos anos de 2008 e 2009. Médias não transformadas. Escala de notas de 0 a 4..... 44

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	– Identificação das progênies utilizados no experimento.....	26
Tabela 2	– Dados de Precipitação em Pacajus e Paraipaba para os anos de 2008 e 2009.....	27
Tabela 3	– Esquema da análise de variância no delineamento de blocos ao acaso com as respectivas esperanças do quadrado médio.....	29
Tabela 4	– Esquema da análise de variância conjunta no delineamento de blocos ao acaso com as respectivas esperanças do quadrado médio.....	32
Tabela 5	– Resumo das análises de variância para o grau de severidade da antracnose (SA) e mofo preto máximo (MPM) e geral (MPG) de 23 famílias de meios-irmãos de cajueiro. Pacajus, CE 2008 e 2009.....	34
Tabela 6	– Resumo das análises de variância para o grau de severidade de Mofo Preto Máximo (MPM) e Geral (MPG) de 21 famílias de meios-irmãos de cajueiro. Paraipaba, CE 2008 e 2009.....	35
Tabela 7	– Resumo das análises de variância para o grau de Severidade da Antracnose Máximo (SAM) e geral (SAG) de 21 famílias de meios-irmãos de cajueiro. Paraipaba, CE 2008 e 2009.....	35
Tabela 8	– Estimativas dos parâmetros genéticos e estatísticos referentes à severidade da antracnose e do mofo preto em Pacajus, CE.....	36
Tabela 9	– Estimativas dos parâmetros genéticos e estatísticos referentes à severidade da antracnose e do mofo preto em Paraipaba, CE.....	37
Tabela 10	– Ganho genético esperado entre progênies com a seleção de 25% das famílias, e dentro da progênie com a seleção de 20% das plantas (em cada repetição) .....	39
Tabela 11	– Resultados de médias, coeficientes de variação experimental e quadrados médios para blocos, progênies, blocos*progênies, ano, blocos*ano e progênies*ano da análise conjunta de dois anos para o caráter severidade de mofo preto máxima (MPM) e mofo preto geral (MPG) em Pacajus.....	39
Tabela 12	– Resultados de médias, coeficientes de variação experimental e quadrados médios para blocos, progênies, blocos*progênies, ano,	40

	blocos*ano e progênies*ano da análise conjunta de dois anos para as características de severidade da antracnose e do mofo preto máximos (SAM e MPM) e gerais (SAG e MPG) em Paraipaba.....	
Tabela 13	– Resultados de médias, coeficientes de variação experimental e quadrados médios para blocos, progênies, blocos*progênies, local, blocos*local e progênies*local da análise conjunta de dois locais para o caráter severidade de mofo preto máximo (MPL) e geral (MPG) nos anos de 2008 e 2009.....	43
Tabela 14	– Estimativas dos parâmetros genéticos e estatísticos referentes à severidade da antracnose e do mofo preto nos dois anos em conjunto para Pacajus e Paraipaba, CE.....	45
Tabela 15	– Estimativas dos parâmetros genéticos e estatísticos referentes à severidade do mofo preto nos dois locais em conjunto para cada ano de avaliação.....	45

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
2	REVISÃO DE LITERATURA .....	15
2.1	Cajueiro.....	15
2.2	Melhoramento do cajueiro .....	17
2.3	Doenças.....	19
2.3.1	<i>Antracnose do cajueiro</i> .....	19
2.3.2	<i>Mofo Preto</i> .....	21
2.4	Parâmetros genéticos .....	22
2.5	Interação genótipo x ambiente .....	24
3	MATERIAIS E MÉTODOS .....	26
3.1	Material.....	26
3.2	Caracterização do ambiente .....	26
3.3	Delineamento e condução do experimento.....	27
3.4	Caracteres avaliados .....	28
3.5	Análise estatístico-genéticas .....	29
3.5.1	<i>Análise de variância</i> .....	29
3.5.2	<i>Parâmetros genéticos</i> .....	29
3.5.3	<i>Progresso genético</i> .....	31
3.6	Interação genótipo x ambiente .....	32
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	34
4.1	Análise de variância individual.....	34
4.2	Parâmetros genéticos das análises individuais.....	36
4.3	Progresso genético .....	38
4.4	Interação genótipo x ambiente .....	39
4.4.1	<i>Análise conjunta para ano</i> .....	39
4.4.2	<i>Análise conjunta para local</i> .....	43
4.5	Parâmetros genéticos das análises conjuntas .....	44
5	CONCLUSÃO.....	47
	REFERÊNCIAS .....	48

## 1 INTRODUÇÃO

O cajueiro (*Anacardium occidentale L.*) é uma fruteira de grande importância para o Brasil devido ao seu potencial sócio-econômico, principalmente para o semi-árido nordestino, uma vez que se ajusta plenamente ao modelo de exploração conjunta com produtos de subsistência como o feijão de corda, o milho e a mandioca. Além de oferecer uma fonte de renda, permite a ocupação dos produtores no período de entressafra dessas culturas.

O cultivo dessa espécie tem como principal objetivo a obtenção de suas amêndoas comestíveis, sendo realizado em países tropicais como Brasil, Índia, Vietnã e alguns outros do continente africano. Vale ressaltar que a castanha de caju tem importância na nutrição humana como fonte de proteína e energia.

De acordo com FAO, 2009 os principais países produtores de castanha de caju, a área plantada e a produção na safra 2007 foram 3.817.041 ha e 3.186.039 t, respectivamente, tendo o Brasil como o quarto maior produtor com 176.384 t, perdendo apenas para a Índia (620.000 t), Nigéria (660000 t) e Vietnã (961000 t). Do que é produzido no Brasil, quase a totalidade vem da Região Nordeste que possui mais de 98% da área nacional ocupada com cajueiro (CRISÓSTOMO *et al.*, 2001), destacando-se os Estados do Piauí, Ceará e Rio Grande do Norte por colherem cerca de 85% da produção brasileira (IBGE, 2009).

No Nordeste, a cultura do caju é de grande relevância não só por ser uma planta bem adaptada ao clima semi-árido, mas também em virtude de ser responsável por uma média de 50 mil empregos diretos. Desses empregos, 15 mil estão na indústria e os outros 35 mil no setor rural (OLIVEIRA *et al.*, 2002; AQUINO *et al.*, 2003), mantendo viáveis agroindústrias através do beneficiamento de castanhas, produção de sucos, doces e refrigerantes, o que gera divisas para a Região.

Apesar da importância socioeconômica, a cajucultura apresenta diversos problemas que acarretam o decréscimo da produtividade dos pomares, a qual já foi de 570 kg/ha de castanhas em 1978 (AQUINO *et al.*, 2003) e passou, nos últimos anos, a aproximadamente 200 kg/ha (IBGE, 2009). Isso se deveu aos plantios comerciais serem efetuados por sementes, o que ameaçar a viabilidade da exploração, repercutindo em toda a cadeia, do segmento produtivo à industrialização (LEITE, 1994).

Com o desenvolvimento dos clones de cajueiro anão precoce além de solucionar a questão do porte da planta, a produtividade de castanha obtida com esses clones é superior a 1.300 kg/ha de castanha em regime de sequeiro (CAVALCANTI *et al.*, 1994) (BARROS E

CRISÓSTOMO, 1995). Entretanto, a estreita base genética utilizada no programa de melhoramento, resultou em problemas relacionados à qualidade de castanhas e amêndoas, além daqueles ligados à resistência a patógenos, já que alguns dos clones existentes se apresentam suscetíveis às principais doenças do cajueiro (CARDOSO *et al.*, 1999).

O programa de melhoramento do cajueiro compreende tipicamente as seguintes fases: introdução de plantas, teste de progênies, seleção individual e melhoramento por hibridação (BARROS *et al.* 2002).

Contudo, o sucesso do melhoramento de plantas depende da existência de um significativo nível de variabilidade genético na população original e da eficiência do método de seleção para a fixação das combinações genéticas desejáveis (PATERNIANI E MIRANDA FILHO, 1987). A eficiência do método de melhoramento resulta do mecanismo genético envolvido na herança da característica a ser melhorada, como o número de genes que a influência, ação e efeito de genes, herdabilidade genética, repetibilidade e associação com outras características. Assim, o estudo dos parâmetros genéticos é uma ferramenta essencial para o sucesso de qualquer programa de melhoramento (RESENDE, 2002).

A avaliação genotípica compreende a estimação de componentes de variância e a predição dos valores genotípicos. As estimativas dos parâmetros genéticos tais quais a herdabilidade e as correlações genéticas são fundamentais para o delineamento das estratégias de melhoramento a serem adotadas. Dessa forma objetivou-se com esse trabalho estimar os parâmetros genéticos em progênies de meio-irmãos de cajueiro anão precoce e o desempenho dessas sob diferentes ambientes para os caracteres de resistência a antracnose e o mofo preto.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Cajueiro

O cajueiro pertence ao gênero *Anacardium* que tem 21 espécies descritas pela taxonomia tipológica (BARROS, 1995), sendo *Anacardium occidentale* L. a única cultivada e a mais dispersa do gênero (OHLER, 1979; MITCHELL E MORI, 1987), encontrando-se em quase todo o mundo tropical, faixa que está compreendida entre os paralelos 27°N e 28°S (JOUBERT & THOMAS, 1965).

Algumas hipóteses foram formuladas sobre a origem do cajueiro, principalmente após Lineu ter denominado a espécie de *Anacardium occidentale* em 1753, por considerá-la nativa da América e da Ásia (MAGALHÃES, 1913). Essas hipóteses apoiavam-se em deduções sobre evidências, razão pela qual Alphonso de Candolle, 1959, na segunda metade do século passado, numa avaliação crítica, consideraram errônea tanto a hipótese sobre a origem indiana quanto a que considerava a origem asiática, embora soubesse que a planta ocorria na Índia e na costa de Malabar. Contra a origem africana e a favor de sua crença na origem americana do cajueiro, argumentou com o fato da planta ser encontrada em pequena diversidade de locais na África, ao contrário da América onde ocorria, em estado selvagem, em vastas extensões de diferentes habitats no Brasil, Guianas, Panamá e Antilhas.

É importante ressaltar que as teorias atuais sobre a origem do cajueiro continuam fundamentadas em provas circunstanciais as quais apontam, convincentemente, o Brasil ou pelo menos o Norte da América do Sul e parte da América Central como o mais provável centro filogenético da espécie (BARROS, 1995), sendo que Vavilov (1951) relacionou a planta como uma fruteira cultivada no Centro Brasil-Paraguai e Antilhas e Zeven e Zukhovsky (1975) sugeriram toda a América tropical, do México ao Peru, incluindo o Brasil e as Antilhas como centro de origem da espécie.

O cajueiro é encontrado em diversos agroecossistemas brasileiros, concentrando-se nas zonas costeiras do Nordeste onde se observa grande variabilidade para os principais caracteres de interesse agroindustrial, como produção, peso do fruto, peso da amêndoa e peso do pseudofruto, caracterizando um centro de diversidade da espécie (BARROS, 1991), diferentemente dos demais países de ocorrência, mesmo aqueles onde a planta foi introduzida há mais tempo, como Índia, Moçambique, Tanzânia e Quênia, entre outros, onde a diversidade para estes caracteres é menor (BARROS, 1988).



A grande variabilidade observada no Brasil foi agrupada em dois tipos de cajueiros bem definidos em relação ao porte, denominados de cajueiros tipos comum e anão precoce. O cajueiro comum é o mais difundido, tanto naturalmente como por cultivo, apresenta porte elevado com altura variando de oito a quinze metros e envergadura da copa, podendo atingir vinte metros. A copa apresenta grande variação de formato e distribuição de ramos, sendo possível encontrar desde a forma ereta e compacta até a forma espriada (BARROS, 1988). A capacidade produtiva individual do cajueiro comum é muito variável, com dados de plantas que produzem apenas uns poucos frutos até aquelas com produções em torno de 100 kg de castanha por safra (CRISÓSTOMO *et al.*, 1999).

O cajueiro tipo anão precoce, também conhecido por “cajueiro de seis meses”, caracteriza-se pelo porte baixo, altura abaixo de quatro metros, copa homogênea com variação no tamanho de cinco a seis metros e meio, diâmetro do caule e envergadura bem inferiores ao do tipo comum e início do florescimento aos 6 – 18 meses (BARROS, 1988).

O cajueiro é uma árvore perene, subcaducifólia, com ramificação baixa. O sistema radicular caracteriza-se por uma raiz pivotante bem desenvolvida e um conjunto de raízes laterais concentrado (90%) entre 15 e 32 cm da superfície. Estas raízes expandem-se lateralmente e chegam a quase 20 m de distância do caule, além de emitirem raízes verticais. A atividade das raízes apresenta maior efetividade a 15 cm de profundidade e a 2 m do caule. Esse conhecimento é importante para a aplicação de tratamentos culturais (BARROS *et al.*, 2002a).

A inflorescência é uma panícula terminal, com flores masculinas (estaminadas) e hermafroditas (perfeitas), razão pelo qual o cajueiro é uma planta andromonóica. A duração do período de florescimento varia com o genótipo e o ambiente, e a abertura das flores masculinas tem maior duração do que a das hermafroditas, indo das 6 às 16 horas, enquanto nas hermafroditas concentra-se entre 10 e 12 horas (JOSEPH, 1979; BARROS, 1988 apud BARROS *et al.*, 2002a).

O ciclo de florescimento depende do tipo da planta e das condições ambientais, o cajueiro anão precoce caracteriza-se pelo florescimento já no primeiro ano de vida, o que é uma vantagem excepcional em relação ao tipo comum que normalmente floresce no terceiro ano. Os clones melhorados de cajueiro anão precoce, quando em cultivo irrigado, iniciam a sua produção no primeiro ano, o que já permite a colheita quando a produção se destina ao mercado de frutas de mesa (PAIVA *et al.*, 2003). O cajueiro anão precoce caracteriza-se pelo ciclo produtivo mais alongado, antecipando o florescimento de um a dois meses e prolongando em mais um mês em relação ao tipo comum (BARROS *et al.*, 1984 apud PAIVA

*et al.*, 2003). Quando cultivada sob irrigação no semi-árido, alguns dos clones comerciais disponíveis produzem praticamente o ano inteiro.

O sistema reprodutivo da espécie é predominantemente alogâmico, ou seja, a fecundação é preferencialmente cruzada. No entanto, a presença e a abertura simultânea dos dois tipos de flores na mesma planta e na mesma panícula podem favorecer a autopolinização e, conseqüentemente, a endogamia (BARROS, 1988).

O fruto do cajueiro é a castanha, classificado como um aquênio reniforme, aderido à planta por um pedúnculo hipertrofiado. O pseudofruto (parte comestível) é conhecido como maçã do caju ou caju. O crescimento do fruto caracteriza-se por um início lento, uma fase acelerada até o ponto máximo e uma fase de redução do tamanho, até ser completada a maturação. O peso do fruto nas populações naturais varia de 3 a 10 g, e o do pedúnculo, de 20 a 160 g, apresentando menor variabilidade em relação ao tipo comum para esses caracteres. A capacidade produtiva individual também é menor, com a máxima produção registrada, até o momento, de 43 kg de castanha/safra/planta (BARROS, 1988).

A produtividade do cajueiro *Anacardium occidentale* L. é expressiva na região Nordeste do Brasil, principalmente, após o surgimento da variedade anão precoce, que vem substituindo o cajueiro comum, por proporcionar maior produtividade, facilitar a colheita e a condução dos pomares devido a seu porte baixo, uniformidade da castanha, do pedúnculo e da produção permitindo uma exploração comercial e contribuindo assim para o aumento da área plantada (BARROS e CRISOSTÓMO, 1995; OLIVEIRA *et al.*, 2002; ROSSETTI e AQUINO, 2002).

## **2.2 Melhoramento do cajueiro**

O melhoramento genético do cajueiro anão precoce, no Brasil, iniciou-se com a introdução de plantas no Campo Experimental de Pacajus, em 1956, seguido de seleção fenotípica individual com controle anual da produção, clonagem e avaliação clonal. Essa 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, ainda considerados os principais clones comerciais disponíveis (BARROS *et al.*, 1984; BARROS *et al.*, 1988; BARROS e CRISÓSTOMO, 1995; ALMEIDA *et al.*, 1993 apud PAIVA e BARROS, 2004). Posteriormente, novos procedimentos metodológicos, como o método do policruzamento, seleção entre progênies e dentro delas e hibridação inter e intraespecífica, resultaram na obtenção dos clones EMBRAPA 50, EMBRAPA 51, BRS 189

e BRS 226 (BARROS *et al.*, 2000b; BARROS *et al.*, 2002; PAIVA *et al.*, 2002 apud PAIVA e BARROS, 2004).

A domesticação do cajueiro e o melhoramento genético dessa cultura, no Brasil, podem ser caracterizados por cinco etapas distintas (PAIVA *et al.*, 1997 apud SANTOS, 2006). A primeira remonta à época da descoberta, pelos nativos, de plantas com pedúnculos adequadas a sua alimentação, utilizados na forma de consumo *in natura* ou na elaboração de bebidas. Os exploradores constataram, ao chegarem à costa brasileira, que os frutos de cajueiro já eram utilizados na culinária local, o que, segundo registros, já ocorria no século XVII.

A segunda etapa data das décadas de 40 e 50, marcadas pela extração de LCC e pela transformação do pedúnculo em produtos diversos, em um sistema mais organizado. Nessa mesma época ocorreram as primeiras introduções de plantas no Campo Experimental de Pacajus (CE), originárias de populações naturais da região litorânea do Nordeste (PAIVA *et al.*, 1997 apud SANTOS, 2006).

A terceira etapa, compreendendo as décadas de 60 e 70, caracteriza-se por plantios comerciais do cajueiro comum efetuados por sementes, a partir de incentivos governamentais para promover a cultura. Ainda nessa época, iniciaram-se a identificação e o controle da produção de castanha de plantas individuais, com características de interesse comercial que se destacavam das demais, as sementes dessas plantas eram colhidas e semeadas (PAIVA *et al.*, 1997 apud SANTOS, 2006).

A quarta etapa compreende a obtenção e avaliação de clones dos tipos comum e anão precoce, o que culminou com a recomendação dos clones CCP 06, CCP 76, CCP 09 e CCP 1001, todos do tipo anão precoce, para o plantio comercial. Como resultado, a produtividade de castanha saltou de 379,4 kg/ha (média do período 1958-1995) para cerca de 1.200 kg/ha. Desde então, a pesquisa deu prioridade à seleção de plantas do tipo anão precoce, mas constatou-se que a base genética deste material era estreita, resultado do baixo número de plantas introduzidas, originadas de um único local. Essa é uma situação indesejável não só pelas dificuldades para obtenção de novos ganhos de seleção, mas também pelos riscos de vulnerabilidade genética. Então a Embrapa Agroindústria Tropical está introduziu e selecionou plantas em populações segregantes e efetuando a recombinação genética pelo método do policruzamento e hibridação artificial entre plantas superiores do tipo anão precoce e entre cruzamentos dos tipos anão e comum com o objetivo de ampliar a base genética dos caracteres de interesse agroindustrial (PAIVA *et al.*, 1997 apud SANTOS, 2006).

A quinta etapa prioriza as pesquisas para atender à demanda atual da cajucultura, com enfoque na fruticultura irrigada e no aproveitamento, também, do pedúnculo para o consumo *in natura*. Nessa perspectiva, a seleção tem de estar orientada para plantas de porte baixo, para facilitar a colheita; pedúnculos com coloração, sabor, textura, maior período de conservação e consistência e teor de tanino adequados às preferências do consumidor; castanha de tamanho e peso adequados (> 10 g); facilidade de destaque do pedúnculo; rendimento maior ou igual a 28 %; facilidade na despeliculagem; coloração dentro dos padrões internacionais; e amêndoas resistentes à formação de “bandas”. Ressaltando que se recomenda testar os clones tanto em condições de irrigação como de sequeiro, em diferentes ecossistemas na fase de avaliação desses (BARROS *et al.*, 2002). A preferência dos consumidores é para pedúnculos com peso variando de 100 a 140 gramas e coloração vermelha ou tons avermelhados. Nesse ponto, a seleção tem que estar orientada para a identificação de plantas com características que atendam às necessidades de melhor aproveitamento na colheita e menor índice de perdas (BARROS *et al.*, 2000).

Contudo, o sucesso do melhoramento de plantas depende, especialmente, dos níveis de variabilidade genética da população inicial e da eficiente seleção do método a ser empregado, possibilitando uma eficaz fixação da combinação genética mais desejável (PATERNIANI e MIRANDA FILHO, 1987).

Já a eficiência do método de melhoramento está ligada ao mecanismo genético envolvido na herança do caractere a ser melhorado, como o número de genes que o influenciam, efeitos e ações dos genes, herdabilidade, repetibilidade e associações com outros caracteres. Neste sentido, é fundamental uma eficiente estimativa dos parâmetros genéticos para garantir o sucesso de qualquer programa de melhoramento (RESENDE, 2002). No entanto, até hoje, poucos foram os trabalhos escritos sobre parâmetros genéticos e fenotípicos em caju, dificultando os trabalhos de melhoramento dessa planta (DAMODARAM, 1975; CAVALCANTI *et al.*, 1997; PAIVA *et al.*, 1998; CAVALCANTI *et al.*, 2000a; CAVALCANTI *et al.*, 2003). Portanto, mais informações sobre o controle genético de características economicamente importantes nesta espécie são necessárias para maximizar a eficiência dos programas de melhoramento em todo o mundo.

## **2.3 Doenças**

### ***2.3.1 Antracnose do cajueiro***

A antracnose é a mais importante enfermidade do cajueiro no Brasil, seu agente etiológico é o fungo *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.), que produz lesões em tecidos jovens de mudas e plantas adultas de cajueiro, tendo inicialmente um sintoma de encharcamento (anasarca). Tais manchas características dessa doença têm coloração inicialmente marrons alaranjadas passando a vermelhas brilhantes com o estágio e esporulação do fungo (FREIRE *et al.*, 2002).

O patógeno pode atacar as folhas, ramos, pedicelo (pseudofruto) e castanha (fruto), mas os sintomas típicos se manifestam nas folhas. Inicialmente, são manchas necróticas, irregulares de coloração parda nas folhas jovens, tornando-se escuras à medida que as folhas envelhecem. Caso os sintomas sejam severos, toda a folhagem torna-se retorcida e deformada, assemelhando-se à queima. Como o processo de infecção ocorre nos tecidos tenros, as lesões se tornam delimitadas quando os tecidos amadurecem. As lesões observadas nas inflorescências apresentam-se com as características típicas de antracnoses, deprimidas e de coloração marrom-escura, ovaladas ou arredondadas. Já as inflorescências severamente infectadas mostram-se retorcidas e com exsudação de gotas de goma. No fruto e no pseudofruto, os sintomas principais mostram-se como lesões deprimidas, escuras e arredondadas, ocorrendo também rachaduras e apodrecimento total no pseudofruto (FREIRE & CARDOSO, 2003).

A precipitação pluviométrica tem grande influência no progresso da antracnose e do mofo preto em plantas de cajueiro anão precoce na região litorânea do nordeste brasileiro. Os resultados mostraram elevada predisposição às doenças depois de elevados índices de precipitação pluviométrica e número de dias com chuva. Todavia, para o progresso da antracnose, houve a necessidade de ocorrência de novos lançamentos foliares ou de inflorescências (CARDOSO *et al.*, 2000).

O ciclo de vida desse fungo é altamente dependente de umidade e água livre. Assim, durante o período de chuva do nordeste brasileiro (janeiro a junho) e durante a “chuva do caju” (agosto e setembro) a doença atinge sua maior severidade, espalhando-se rapidamente dentro das plantas e entre elas. Portanto, temperaturas variando de 22 a 28 °C e as últimas 10 horas de saturação são excelentes condições para infecção do cajueiro (FREIRE *et al.*, 2002).

Os métodos de controle da antracnose atualmente empregados visam à redução do inóculo inicial e/ou a taxa de progresso da doença no pomar. Tais medidas consistem na eliminação de restos culturais infectados, plantio de mudas sadias e controle químico

preventivo, através de pulverizações com fungicidas a base de oxiclreto de cobre (FREIRE *et al.*, 2003).

Freire & Rosseti (1991), com pesquisas no litoral cearense, e Cardoso *et al.* (1995) no semi-árido nordestino, revelaram que os fungicidas dithianon, anilazina, benomil, bitertanol, triadimenol e triforine podem controlar eficientemente a antracnose em mudas em viveiros e em pomares estabelecidos.

Levantamentos realizados na região litorânea e no semi-árido do Ceará possibilitaram a seleção de clones de cajueiro dotados de níveis promissores de resistência genética, presumindo-se, assim, a exploração futura dessa resistência como medida de controle (CARDOSO *et al.*, 1994).

Cardoso *et al.* (1999) realizaram na estação experimental de Pacajus, no Estado do Ceará, a avaliação de 30 clones de cajueiro anão precoce à antracnose, mostrando que 19 deles comportaram-se como resistentes ao fungo, sugerindo um amplo potencial para a seleção de fontes de resistência.

### **2.3.2 Mofo Preto**

O mofo preto, depois da antracnose, é considerada a mais importante doença foliar de plantas de cajueiro no Brasil. O agente causal é o *Pilgeriella anacardii*, um fungo parasita obrigatório que tem sido encontrado infectando somente plantas de cajueiro (FREIRE *et al.*, 2002).

Os sintomas iniciais do mofo preto são manchas arredondadas e cloróticas em ambas as faces da folha madura. Posteriormente, o patógeno forma colônias pardas e pretas que ocupam gradativamente toda a face abaxial da folha, passando a apresentar aparência feltrosa, decorrente das estruturas miceliais e reprodutivas do fungo. No caso de infecções severas, ocorrerão murcha e queda prematura da folha. Vale destacar que folhas jovens não são susceptíveis a tal patógeno (FREIRE *et al.*, 2003).

A doença ocorre a partir do início do período chuvoso e atinge o ponto mais elevado, exatamente, ao término das precipitações, que coincide com o lançamento foliar do cajueiro (CARDOSO *et al.*, 2000).

Com isso, foi testado o controle químico através de fungicidas, mas foi obtido baixa eficiência com os produtos dithianon e oxiclreto de cobre, sozinho ou combinado com maneb e zinco (FREIRE, 1991a).

Entretanto, vale observar que Cardoso *et al.*, (1996) constataram a eficácia dos produtos benomil, oxiclóreto de cobre e carbedazin quando estes foram aplicados antes do início do período chuvoso.

A detecção do fungo do gênero *Acremonium*, detectado crescendo em folhas de cajueiro com mofo preto, parasitando o patógeno, pode vir a ser usado como agente de biocontrole. Como confirmação, pesquisas têm sido conduzidas em todos os estados da região Nordeste e seus resultados demonstram uma estreita relação entre populações do patógeno e seu antagonista (FREIRE *et al.*, 2002).

Clones de cajueiro anão precoce, com elevados índices de resistência em campo, foram selecionados, sinalizando futuros lançamentos de clones resistentes. Pelo menos cinco clones já apresentaram significativa resistência ao mofo preto (CARDOSO *et al.*, 1999).

#### **2.4 Parâmetros genéticos**

Indiscutivelmente, o sucesso do melhoramento genético está ligado à capacidade de acerto na escolha dos melhores indivíduos que serão os genitores das próximas gerações (CRUZ e CARNEIRO, 2003). Uma das maneiras de identificar os indivíduos portadores de genes desejáveis é a avaliação genética dos candidatos à seleção. No melhoramento de plantas perenes, recomenda-se que a seleção seja feita com base nos valores genéticos aditivos dos indivíduos que serão utilizados na recombinação e nos valores genotípicos dos indivíduos que serão clonados (RESENDE, 2002a).

As estimativas de parâmetros genéticos permitem conhecer a estrutura genética da população, a inferência da variabilidade genética presente na população e proporcionam subsídios para prever os ganhos genéticos e o possível sucesso no programa de melhoramento (FERRÃO *et al.*, 2008). Também são importantes tais estimativas na redefinição dos métodos de melhoramento a serem utilizados, na identificação da natureza da ação dos genes envolvidos no controle dos caracteres quantitativos e na definição com eficiência de diferentes estratégias de melhoramento para obtenção de ganhos genéticos com a manutenção da base genética adequada na população (CRUZ & CARNEIRO, 2006).

De acordo com Vencovsky 1977, para que se possa obter bons resultados com o processo de seleção é indispensável a ocorrência de diferentes expressões fenotípicas entre os indivíduos de uma população. No entanto, a variabilidade fenotípica sozinha não é o bastante. Afinal, é preciso que pelo menos parte desta seja de origem genética. Então, para se estimar a

variabilidade genética é preciso definir quanto das diferenças fenotípicas que se observa é proveniente de diferenças ambientais.

Conclui-se, assim, que a herdabilidade é um parâmetro que exerce um importante papel nos processos de seleção, pois expressa o quanto da variação fenotípica herdada é devido às causas genéticas (RAMALHO *et al.*, 1990). Pode-se estimar a herdabilidade de duas maneiras, no sentido amplo ( $h^2_g$ ) e no sentido restrito ( $h^2_a$ ). A diferença é que a herdabilidade no sentido amplo envolve toda a variância genética. Já no sentido restrito considera apenas a variância genética aditiva, aquela que é fixada pela seleção, sendo no caso a mais importante para os melhoristas, apesar de a primeira ter importância quando se trata de plantas autógamas e de propagação vegetativa, isto é, em se tratando de genótipo integralmente herdado. Para Ramalho *et al.*, 1990 é importante considerar que a herdabilidade deve ser entendida não apenas como uma propriedade de caráter, mas também como propriedade da população e das condições ambientais as quais os indivíduos foram submetidos.

Bonomo *et al.* (2004), trabalhando com 28 progênies de café (*Coffea arabica*), descendentes do híbrido de Timor resistente à ferrugem do café (*Hemileia vastatrix*) atestaram que as progênies avaliadas no experimento apresentam resistência às raças de ferrugem presentes na região do experimento quando comparadas com a testemunha 'Catuaí Vermelho' IAC 15.

Petek *et al.* (2006), selecionando progênies de cafeeiro com resistência simultânea à mancha aureolada e à ferrugem alaranjada, verificaram coeficientes de determinação genotípicos para estas características com valores elevados, sendo 0,836 para resistência à mancha aureolada (*Pseudomonas syringae* pv. *Garcae*) e 0,968 para resistência à ferrugem, mostrando a existência de variabilidade genética entre progênies, com possibilidades de ganhos genéticos com a seleção.

Estudando progênies de cafeeiros Petek *et al.* (2008), observaram que essas apresentaram para resistência à ferrugem o valor de 0,6082 para herdabilidade de média de progênies e de 0,3214 para herdabilidade individual no sentido restrito, demonstrando a existência de alta variabilidade. A possibilidade de sucesso na seleção destas progênies é visualizada principalmente na herdabilidade individual no sentido restrito o qual é relacionada com os efeitos aditivos.

Paiva *et al.* (1999), estudando progênies de polinização livre de aceroleira (*Malpighia emarginata*), analisando estimativas dos coeficientes de herdabilidade dos caracteres, afirmou que a seleção de progênies resultará em ganhos superiores em relação à



seleção de plantas. Os índices  $b_1$  e  $b_2$ , que quantificam a relação da variação genética em face da variação ambiental entre e dentro de progênies, respectivamente, revelam uma condição favorável à seleção dentro de progênies.

Estudando em cajueiro a existência de variabilidade genética para resistência às três principais doenças do cajueiro, Cavalvanti *et al.* (2000) encontraram coeficientes de determinação genotípica de 80,72%, 85,20% e 74,92% para a antracnose, mofo preto e mancha angular, respectivamente.

Cavalcanti *et al.* (2007) estudaram o controle genético de caracteres relacionados ao vigor da planta, produção de castanhas e qualidade de amêndoas, observando as estimativas das herdabilidades no sentido amplo ( $h^2_g$ ) e no sentido restrito ( $h^2_a$ ). Os valores de  $h^2_a$  para o caráter altura de planta no 1º e 2º anos foram 89,1% e 86,5%, respectivamente, para diâmetro de copa obteve-se valores de 65,9% e 51,2%, para peso de castanha valores de 76,9% e 63,2% e para peso de amêndoa valores de 74,3% e 58,8%, confirmando que estes caracteres estão fortemente sob controle genético aditivo e, assim, métodos simples de seleção podem ser usados para obtenção de ganhos significativos.

Já para os caracteres, número de castanhas por planta e produtividade, foram obtidos baixos valores para herdabilidades no sentido amplo (variando de 15,8% a 41,1%, em quatro anos de avaliação), mostrando o predomínio dos efeitos de dominância. Sendo necessária, portanto, a utilização de métodos de seleção mais complexos. Dessa forma, estes autores afirmam que a estratégia de seleção recorrente recíproca se apresenta como a mais promissora para o melhoramento do cajueiro.

## 2.5 Interação genótipo x ambiente

Segundo Ramalho (1990), para a maioria dos caracteres, a expressão fenotípica é dependente também do ambiente. Afinal, como é sabido, o fenótipo é o resultado da ação do genótipo sob influência do meio (CRUZ & REGAZZI, 1997).

Pra alguns caracteres, o fenótipo depende não só do genótipo e do ambiente, mas também da interação dos genótipos por ambientes ( $\sigma^2_{ga}$ ). Essa interação que, por um lado dificulta o trabalho do melhorista na seleção de progênies quando estas interagem com o ambiente, por outro, indica a existência de genótipos especificamente adaptados a determinados ambientes, como também de outros com adaptação mais ampla. Entretanto, estes nem sempre apresentam alto potencial produtivo (Ramalho *et al.*, 1993).

As causas da interação têm sido atribuídas a fatores fisiológicos e bioquímicos próprios de cada genótipo cultivado. Como os genótipos se desenvolvem sob constantes mudanças durante todo o seu desenvolvimento, observa-se geralmente um comportamento diferenciado destes quanto às respostas para as variações de ambiente. Consideram-se como ambientes diferentes, locais, épocas ou anos de plantios, assim como também diversos níveis tecnológicos (CRUZ & REGAZZI, 1997).

Segundo Miranda Filho (1978), em qualquer ensaio se tem os seguintes componentes: variação devido às diferenças ambientais dentro de parcelas e entre elas, variação devido às diferenças entre tratamentos, componentes originados de acordo com o tipo de delineamento utilizado e outros conforme peculiaridades da pesquisa.

Azevedo (1993), estudando progênies de cajueiro, encontrou alta correlação genotípica e fenotípica entre número de ramos primários e número de ramos secundários, indicando que, para ampliar o número de ramos por planta, pode-se evitar a seleção simultânea sobre os dois caracteres. Encontrou também alta correlação positiva entre a envergadura no sentido norte-sul e sentido leste-oeste, revelando que a seleção aplicada para alterar o comprimento da envergadura em um sentido, é suficiente para alterá-lo no outro, praticamente nas mesmas proporções.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 Material

Mudas de cajueiro foram produzidas, utilizando-se sementes de plantas de polinização aberta de 23 famílias selecionadas (Tabela 1), no viveiro da Estação Experimental de Pacajus, local de origem dos materiais que constituíram todos os tratamentos do experimento.

Tabela 1 – Identificação das progênies utilizados no experimento.

<b>Tratamento</b>	<b>Família</b>	<b>Origem do Material</b>	<b>Tratamento</b>	<b>Família</b>	<b>Origem do Material</b>
1	AC 222-4	Pacajus	13	EMB 51	Pacajus
2	AC 276-1	"	14	BRS 265	"
3	AC 237-5	"	15	BRS 226	"
4	AC 214-4	"	16	FAGA 11	"
5	AC 227-3	"	17	CAP 12	"
6	AC 262-3	"	18	END 189	"
7	AC 229-2	Pacajus	19	PRO 555	Pacajus
8	C 98-131	"	20	B 30	"
9	C 98-126	"	21	HBO 33	"
10	C 98-127	"	22	HBO 58	"
11	C 98-134	"	23	HBO 69	"
12	C 98-110	"	*	*	*

#### 3.2 Caracterização do ambiente

Este trabalho foi realizado a partir de um experimento de teste de progênies de meios-irmãos de cajueiro anão precoce, integrante do programa de melhoramento genético do cajueiro da Empresa Brasileira de Pesquisa agropecuária (Embrapa) no Centro Nacional de Pesquisa de Agroindústria Tropical (CNPAT). Os experimentos foram conduzidos nas duas Estações Experimentais da Embrapa, sendo uma localizada no município de Pacajus, litoral leste do estado do Ceará, distante 55 km da capital Fortaleza, estando esta entre as coordenadas geográficas 4° 10' 22" de latitude e 38° 27' 39" de longitude, a uma altura de

60m do nível do mar, e a outra em Paraipaba, litoral oeste do Ceará, a 85 km de Fortaleza, com latitude 3° 26' 20" e longitude 39° 08' 52", estando a uma altura de 24 m do nível do mar.

O solo da área experimental localizada no município de Pacajus é um Podzólico Vermelho Amarelo Tb Eutrófico A fraco, com textura arenosa média, o clima é do tipo seco/subúmido, segundo a classificação climática de Thornthwaite (1955). Tem uma precipitação pluvial média de 1.100mm/ano e temperatura média anual de 26,5 °C. Para a área situada no município de Paraipaba, observam-se as seguintes características edafoclimáticas: o solo é um Podzólico Vermelho-Amarelo distrófico A fraco, textura arenosa, fase caatinga litorânea, relevo plano, clima tropical quente semi-árido brando, pluviosidade média de 1.238,2 mm/ano distribuída de janeiro a maio e temperatura média na faixa de 26°C a 28°C.

Os dados de precipitação em Pacajus e Paraipaba no ano de 2008 e 2009 (até o mês de junho) se encontram na Tabela 2.

Tabela 2 – Dados de Precipitação em Pacajus e Paraipaba para os anos de 2008 e 2009.

MESES	PACAJUS		PARAIPABA	
	2008	2009	2008	2009
1	52,0	138,4	240,1	132,5
2	25,0	263,0	40,9	243,2
3	148,0	302,0	313,5	523
4	403,0	422,0	361,5	643
5	204,0	216,0	220,5	252,8
6	79,0	105,0	36,0	154,8
7	0,0	*	8,3	*
8	0,0	*	20,5	*
9	0,0	*	0,0	*
10	0,0	*	0,0	*
11	0,0	*	0,0	*
12	0,0	*	0,0	*
<b>Total</b>	911,0	1446,4	1241,3	1949,3

Fonte: FUNCEME (2009).

### 3.3 Delineamento e condução do experimento

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso com três repetições. Em Pacajus, utilizaram-se blocos completos com vinte e três tratamentos (progênies de meios-irmãos) com oito plantas por parcela. No entanto, devido ao número limitado de mudas, em

Paraipaba, utilizaram-se blocos incompletos, em que os dois primeiros blocos ficaram com vinte e um tratamentos e o terceiro bloco ficou com apenas dezessete tratamentos, sendo cada parcela formada por seis plantas.

O experimento foi instalado em março de 2007. Nessa área onde foi estabelecido o experimento, fora realizada uma gradagem, com posterior abertura das covas cujas dimensões eram 40 x 40 x 40 cm, em um espaçamento de 8 x 6m. Cada experimento tem uma área de 33.264 m<sup>2</sup> e 21.120 m<sup>2</sup> em Pacajus e Paraipaba, respectivamente.

### 3.4 Caracteres avaliados

Em ambos os experimentos foram avaliadas as severidades da antracnose e do mofo preto no cajueiro em dois ciclos das referidas doenças nos anos de 2008 e 2009.

Foram realizadas avaliações para as duas doenças no primeiro semestre do ano, período em que ocorre a estação chuvosa no Ceará, ambiente que proporciona as condições para a infecção das plantas pelos patógenos das citadas doenças.

Para realização das avaliações, foi utilizada uma escala de notas descritiva, contendo cinco diferentes notas de acordo com Cardoso (1999).

Nota 0: Plantas sem sintomas visíveis;

Nota 1: Plantas com lesões cobrindo até 2% da área foliar;

Nota 2: Plantas com lesões cobrindo até 5% da área foliar;

Nota 3: Plantas com lesões coalescentes cobrindo de 5 a 25% da área foliar;

Nota 4: Plantas com lesões coalescentes cobrindo mais que 25% da área foliar.

Cada planta foi avaliada recebendo duas notas, sendo a primeira uma nota máxima dada para a folha que esteve com maior área afetada pela doença e a segunda era uma nota geral a qual era dada considerando toda a área foliar afetada da planta. Na análise dos dados referentes aos caracteres, usou-se uma transformação de  $\sqrt{x+0,5}$ , onde  $x$  é a nota dada em campo no momento da avaliação.

### 3.5 Análise estatístico-genéticas

#### 3.5.1 Análise de variância

As análises de variâncias referentes a todos os caracteres foram realizadas em plantas individuais dentro de parcelas, utilizando-se o programa SAS (Statistical Analysis System) (SAS Procedures Guide for computers, 1996), pelo procedimento PROC MIXED, tendo o modelo aleatório para todos os efeitos.

A partir dos componentes de variância foram estimados os parâmetros genéticos. Na tabela 3, encontram-se as esperanças dos quadrados médios da análise de variância individual.

Tabela 3 – Esquema da análise de variância no delineamento de blocos ao acaso com as respectivas esperanças do quadrado médio.

Fonte de variação	GL	QM	E (QM)
Blocos	(b-1)		
Progênes	(p-1)	QM <sub>p</sub>	$\sigma_d^2 + n\sigma_e^2 + bn\sigma_p^2$
Erro	(b-1)*(p-1)	QM <sub>e</sub>	$\sigma_d^2 + n\sigma_e^2$
Dentro	{(N-1)-[(b-1)+(p-1)+(b-1)*(p-1)]}	QM <sub>d</sub>	$\sigma_d^2$
<b>Total</b>	<b>(N-1)</b>		

Onde:

b: número de blocos;

p: número de progênes;

N: número de indivíduos;

n: número de plantas por parcela;

$\sigma_d^2$ : variância fenotípica dentro da parcela;

$\sigma_e^2$ : variância ambiental entre parcelas;

$\sigma_g^2$ : variância genética.

#### 3.5.2 Parâmetros genéticos

Os parâmetros analisados foram:

$\sigma_g^2$ : variância genética;

$\sigma_a^2$ : variância genética aditiva;

$\sigma_{gd}^2$ : variância genética aditiva dentro da parcela

$\sigma_e^2$ : variância ambiental entre parcelas;

$\sigma_d^2$ : variância fenotípica dentro da parcela;

$\sigma_f^2$ : variância fenotípica;

$\hat{h}_d^2$ : herdabilidade dentro da parcela;

$\hat{h}_{mp}^2$ : herdabilidade da média de progênies;

$CV_{gd}$  %: coeficiente de variação genética dentro da parcela;

$CV_g$  %: coeficiente de variação genotípica entre progênies;

$CV_e$  %: coeficiente de variação residual;

$b1 = CV_g / CV_e$ : coeficiente de variação relativa;

$b2 = CV_{gd} / CV_e$ : coeficiente de variação.

Sendo obtidos pelas seguintes formulas:

$$\sigma_a^2 = 4 * \sigma_g^2$$

$$\sigma_{gd}^2 = 3 * \sigma_g^2$$

$$\sigma_e^2 = \frac{1}{n} * (QMe - \sigma_d^2)$$

$$\sigma_g^2 = \frac{1}{rn} (QMp - QMe)$$

$$\hat{h}_d^2 = \frac{3 * \sigma_g^2}{\sigma_d^2} = \frac{3}{4} \frac{\sigma_a^2}{\sigma_d^2} = \text{herdabilidade dentro da parcela};$$

$$\hat{h}_{mp}^2 = \frac{\sigma_g^2}{\sigma_g^2 + \frac{\sigma_e^2}{r} + \frac{\hat{v}_d^2}{(rn)}} = \text{herdabilidade média de progênies};$$

$\sigma_f^2 = \sigma_g^2 + \sigma_d^2 + \sigma_e^2 =$  variância fenotípica;

$$cv_g (\%) = \frac{\sqrt{\sigma_g^2}}{\bar{x}} * 100$$

$$cv_{gd} (\%) = \frac{\sqrt{\sigma_{gd}^2}}{\bar{x}} * 100 = \text{coeficiente de variação genética individual};$$

$$cv_e (\%) = \frac{\sqrt{\sigma_e^2}}{\bar{x}} * 100 = \text{coeficiente de variação ambiental dentro da parcela.}$$

$$\hat{b}1 = CV_g / CV_e$$

$$\hat{b}2 = CV_{gd} / CV_e$$

### 3.5.3 Progresso genético

Para se estimar o progresso genético esperado na seleção, admitindo-se que o interesse seja diminuir o grau de severidade de antracnose e mofo preto das plantas, foram mantidos, para o próximo ciclo de seleção, 20% das plantas dentro da parcela e 25% das progênies. Para uma seleção dentro da parcela tem-se,

$$\hat{G}_s = k * \frac{\sigma_{gd}^2}{\sqrt{\sigma_d^2}} \text{ e para seleção entre progênies usa-se}$$

$$\hat{G}_s = k * \frac{\sigma_g^2}{\sqrt{\sigma_g^2 + \frac{\sigma_e^2}{r} + \frac{\sigma_d^2}{rn}}}$$

onde:

$k$  = valor de intensidade de seleção padronizada para populações grandes.



Quando o número de indivíduos ou de famílias é inferior a 50, não é aconselhável o uso da tabela. Nesse caso, pode-se utilizar a expressão apresentada por Wrike e Weber (1986), ou seja:

$$k_N = k - \frac{(1-f)}{2 * k * f * (N+1)}$$

onde:

$k$  = valor de intensidade de seleção padronizada para populações grandes;

$f$  = proporção selecionada;

$N$  = número de indivíduos ou famílias da população sob seleção.

### 3.6 Interação genótipo x ambiente

As análises de variâncias conjuntas referentes a todos os caracteres foram realizadas pelas médias de parcelas, utilizando-se o programa SAS (Statistical Analysis System) (SAS Procedures Guide for computers, 1996), pelo procedimento PROC MIXED, tendo o modelo aleatório para todos os efeitos.

A partir dos componentes de variância, foram estimados os parâmetros genéticos. Na Tabela 4, encontram-se as esperanças dos quadrados médios da análise de variância conjunta tanto para anos como para locais.

Tabela 4 – Esquema da análise de variância conjunta no delineamento de blocos ao acaso com as respectivas esperanças do quadrado médio.

Fonte de variação	GL	QM	E (QM)
Bloco	(b-1)	-	-
Progênieis	(p-1)	QM6	$\sigma^2 + r\sigma_{pa}^2 + a\sigma_{bp}^2 + ra\sigma_p^2$
Bloco*Progênieis (Erro a)	(b-1)*(p-1)	QM5	$\sigma^2 + a\sigma_{bp}^2$
Ano	(a-1)	QM4	$\sigma^2 + r\sigma_{pa}^2 + n\sigma_{ba}^2 + rn\sigma_a^2$
Bloco*Ano (Erro b)	(b-1)*(a-1)	QM3	$\sigma^2 + n\sigma_{ba}^2$
Progênieis*Ano	(p-1)*(a-1)	QM2	$\sigma^2 + r\sigma_{pa}^2$
Erro	(b-1)*(p-1)*(a-1)	QM1	$\sigma^2$

Onde:

a: número de anos;

$\sigma^2$ : variância do resíduo;

$\sigma_{pa}^2$ : variância de tratamento\*ano;

$\sigma_{ba}^2$ : variância de bloco\*ano;

$\sigma_a^2$ : variância de ano;

$\sigma_{bp}^2$ : variância de bloco\*progênie;

$\sigma_p^2$ : variância de tratamento.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Análise de variância individual

Na Tabela 5, encontram-se os quadrados médios da análise de variância individual, em Pacajus, para as variáveis grau de severidade da antracnose (AS) e de mofo preto máximo (MPM) e mofo preto geral (MPG). Os resultados apontaram diferenças significativas entre as progênes de meios-irmãos a 1% de probabilidade para os caracteres citados nos dois anos de avaliação, o que sugere presença de variabilidade entre os materiais avaliados.

Na mesma tabela, estão apresentadas as médias individuais, em que fica bastante clara a evolução da doença de um ano para o outro para os caracteres severidade do mofo preto máximo e geral. Os coeficientes de variação experimental variaram de 19,51% na característica MPG no ano de 2009 a 34,28% na característica MPM no ano de 2008.

Tabela 5 – Resumo das análises de variância para o grau de severidade da antracnose (SA) e mofo preto máximo (MPM) e geral (MPG) de 23 famílias de meios-irmãos de cajueiro. Pacajus, CE 2008 e 2009.

Fonte de variação	GL	Quadrados médios					
		2008			2009		
		AS	MPM	MPG	MPM	MPG	
Blocos	2	0,655 **	2,134 **	1,405 **	0,005	0,216	
Progênes	22	0,102 **	0,728 **	0,588 **	0,399 **	0,417 **	
Erro	44	0,072	0,186	0,156	0,150	0,142	
Dentro	478	0,048	0,141	0,104	0,117	0,092	
<b>C.V. (%)</b>		27,334	34,280	30,525	19,548	19,513	
<b>Média</b>		0,800	1,095	1,058	1,747	1,558	

Fonte: elaborado pelo autor.

O grau de severidade da antracnose em 2009 não consta na tabela de análise de variância devido à doença não ter se manifestado no experimento até o momento da avaliação realizada este ano. Isso devido, principalmente, ao fato de as plantas não terem lançado folhas novas (tecidos tenros), momento em que o hospedeiro está suscetível ao patógeno causador da doença, embora as condições ambientais estivessem favoráveis, pois, neste ano, o volume pluviométrico foi acima da média histórica esperada (CARDOSO *et al.*, 2000).

Os quadrados médios da análise de variância individual dos dados coletados nas progênes em Paraipaba estão localizados nas Tabelas 6 e 7.

Na primeira, estão as características de severidade de Mofo Preto Máximo (MPM) e Geral (MPG). Quanto a estas características, verificaram-se significâncias ao nível de 1% de probabilidade para a fonte de variação progênes, comprovando assim que existe diferenças genéticas entre os materiais para essas condições. Nestas características, não houve grandes variações para os valores das médias e do coeficiente de variação experimental nos dois anos estudados.

Tabela 6 – Resumo das análises de variância para o grau de severidade de Mofo Preto Máximo (MPM) e Geral (MPG) de 21 famílias de meios-irmãos de cajueiro. Paraipaba, CE 2008 e 2009.

Fonte de variação	GL	Quadrados médios			
		2008		2009	
		MPM	MPG	MPM	MPG
Blocos	2	0,012	0,247	1,064 *	0,729 *
Progênes	20	0,561 **	0,371 **	0,662 **	0,522 **
Erro	36	0,209	0,106	0,248	0,170
Dentro	292	0,129	0,077	0,133	0,097
<b>C.V. (%)</b>		24,278	21,050	25,130	23,074
<b>Média</b>		1,480	1,314	1,450	1,346

Fonte: elaborado pelo autor.

Para as características de Severidade da Antracnose Máxima (SAM) e Geral (SAG) (Tabela 7), foram encontradas, pelas análises de variância, diferenças estatísticas a 5% de probabilidade no ano de 2008 e diferenças ao nível de 1% para o ano seguinte. Também foi verificado um aumento bastante significativo nas médias destas características de 2008 para 2009 e isso se deve, provavelmente, ao fato do elevado volume pluviométrico ocorrido neste último ano que coincidiu com o período de lançamento vegetativo das plantas, tendo em vista que para manifestação da doença são necessárias, simultaneamente, presença de tecidos tenros e alta umidade (CARDOSO *et al.*, 2000).

Tabela 7 – Resumo das análises de variância para o grau de Severidade da Antracnose Máximo (SAM) e geral (SAG) de 21 famílias de meios-irmãos de cajueiro. Paraipaba, CE 2008 e 2009.

Fonte de variação	GL	Quadrados médios			
		2008		2009	
		SAM	SAG	SAM	SAG
Blocos	2	0,542	0,378	0,526	0,257
Progênes	20	0,775 *	0,573 *	1,376 **	1,053 **
Erro	36	0,325	0,247	0,234	0,179

Dentro	292	0,131	0,089	0,202	0,130
<b>C.V. (%)</b>		38,416	33,064	32,726	28,795
<b>Média</b>		0,943	0,903	1,374	1,250

Fonte: elaborado pelo autor.

## 4.2 Parâmetros genéticos das análises individuais

Na identificação e seleção dos genótipos superiores, a estimativa da variância genética aditiva se caracteriza como um dos parâmetros mais importantes para a quantificação do potencial de melhoramento da população e para o mérito da estratégia de seleção utilizada, visando à alteração da frequência dos alelos favoráveis (CRUZ e REGAZZI, 1994).

Na Tabela 8, encontram-se as estimativas dos parâmetros genéticos e estatísticos referentes aos caracteres em estudo no município de Pacajus, CE. Para este município, no ano de 2008, quanto ao caráter severidade da antracnose, as herdabilidades dentro da parcela ( $\hat{h}_d^2$ ) e herdabilidade entre progênies ( $\hat{h}_m^2$ ) foram de 7,8% e 29,4%, respectivamente. Já o caráter severidade do mofo preto foi avaliado nos dois anos, obtendo-se as seguintes herdabilidades: 51,9% e 37,4% dentro da parcela e 73,5% e 65,9% entre as progênies, respectivamente, para 2008 e 2009. Pelas estimativas dos coeficientes de herdabilidade dos caracteres, pode-se afirmar que a seleção entre progênies terá ganhos superiores em relação à seleção de plantas dentro de progênies, ou seja, a seleção entre progênies é mais favorável do que a seleção dentro delas.

Por outro lado, os valores dos coeficientes de variação genética dentro de progênies mostram altos conteúdos de variabilidade genética em relação aos coeficientes estimados entre essas. Os índices  $\hat{b}_1$  e  $\hat{b}_2$  quantificam a relação da variação genética perante a variação ambiental entre progênies e dentro destas, respectivamente. Para severidade da antracnose os valores dos dois índices foram poucos significativos sendo inferiores a 0,30, mostrando uma situação pouco favorável para seleção. Já para o caráter severidade do mofo preto obteve-se valores para  $\hat{b}_1$  abaixo de 0,50 nos dois anos. No entanto, para o índice  $\hat{b}_2$ , os valores foram acima de 0,61, tendo atingido 0,72 no ano de 2008. Isso revela uma condição um pouco mais favorável de seleção dentro de progênies para severidade do mofo preto.

Tabela 8 – Estimativas dos parâmetros genéticos e estatísticos referentes à severidade da antracnose e do mofo preto em Pacajus, CE.

Parâmetros <sup>1</sup>	Anos
-------------------------	------

	2008		2009
	Antracnose	Mofo Preto	Mofo Preto
Variância fenotípica ( $\hat{\sigma}_F^2$ )	0,052	0,129	0,110
Variância genética ( $\hat{\sigma}_{ge}^2$ )	0,001	0,018	0,011
Variância genética aditiva ( $\hat{\sigma}_{ga}^2$ )	0,005	0,072	0,046
Variância ambiental ( $\hat{\sigma}_e^2$ )	0,003	0,007	0,006
Variância dentro ( $\hat{\sigma}_d^2$ )	0,048	0,104	0,092
Herdabilidade dentro ( $\hat{h}_d^2$ )	0,078	0,519	0,374
Herdabilidade média ( $\hat{h}_m^2$ )	0,294	0,735	0,659
$CVg$ (%)	4,419	12,681	6,871
$CVgd$ (%)	7,655	21,964	11,900
$CVe$ (%)	27,386	30,481	19,468
$CVg/CVe$ ( $\hat{b}1$ )	0,161	0,416	0,353
$CVgd/CVe$ ( $\hat{b}2$ )	0,280	0,721	0,611

Fonte: elaborado pelo autor.

<sup>1</sup> Variância fenotípica ( $\hat{\sigma}_F^2$ ), Variância genética ( $\hat{\sigma}_{ge}^2$ ), Variância genética aditiva ( $\hat{\sigma}_{ga}^2$ ), Variância ambiental ( $\hat{\sigma}_e^2$ ), Variância dentro ( $\hat{\sigma}_d^2$ ), Herdabilidade dentro ( $\hat{h}_d^2$ ), Herdabilidade média ( $\hat{h}_m^2$ ), Coeficiente de variação genética  $CVg$  (%), Coeficiente de variação genética dentro da parcela  $CVgd$  (%),  $CVg/CVe$  ( $\hat{b}1$ ),  $CVg/CVe$  ( $\hat{b}2$ ).

Pode-se verificar que em Paraipaba (Tabela 9), o caráter severidade da antracnose à herdabilidade dentro da parcela pouco variou de 2008 para 2009, tendo valores de 65,9% e 62,3%, respectivamente. Para herdabilidade média, obteve-se um valor de 57,0% para o primeiro ano e de 71,3% para o ano seguinte, verificando-se, assim, que a seleção entre progênies seja suficiente para esta população no município de Paraipaba.

Os coeficientes de variação genético entre progênies para os dois caracteres avaliados nos dois anos foram sempre inferiores aos coeficientes de variação genético dentro da parcela, isso levou a estimação de coeficientes relativos  $\hat{b}2$  maiores que  $\hat{b}1$ , deixando claro uma condição mais favorável de seleção dentro da parcela, pois, segundo Vencovsky (1987), quando o  $CV_R$  tende a um (1,0) ou maior que 1,0, há uma situação bastante favorável à seleção.

Tabela 9 – Estimativas dos parâmetros genéticos e estatísticos referentes à severidade da antracnose e do mofo preto em Paraipaba, CE.

Parâmetros <sup>1</sup>	Anos			
	2008		2009	
	Antracnose	Mofo Preto	Antracnose	Mofo Preto
Variância fenotípica ( $\hat{\sigma}_F^2$ )	0,135	0,190	0,097	0,130

Variância genética ( $\hat{\sigma}_{ge}^2$ )	0,020	0,052	0,016	0,021
Variância genética aditiva ( $\hat{\sigma}_{ga}^2$ )	0,078	0,210	0,064	0,084
Variância ambiental ( $\hat{\sigma}_e^2$ )	0,026	0,008	0,005	0,012
Variância dentro ( $\hat{\sigma}_d^2$ )	0,089	0,130	0,077	0,097
Herdabilidade dentro ( $\hat{h}_d^2$ )	0,659	1,000	0,623	0,656
Herdabilidade média ( $\hat{h}_m^2$ )	0,570	0,830	0,713	0,673
<i>CVg</i> (%)	15,495	18,326	9,591	10,787
<i>CVgd</i> (%)	26,839	31,742	16,613	18,684
<i>CVe</i> (%)	33,064	28,795	21,050	23,074
<i>CVg/CVe</i> ( $\hat{b}1$ )	0,469	0,636	0,456	0,467
<i>CVgd/CVe</i> ( $\hat{b}2$ )	0,812	1,102	0,789	0,810

Fonte: elaborado pelo autor.

<sup>1</sup> Variância fenotípica ( $\hat{\sigma}_F^2$ ), Variância genética ( $\hat{\sigma}_{ge}^2$ ), Variância genética aditiva ( $\hat{\sigma}_{ga}^2$ ), Variância ambiental ( $\hat{\sigma}_e^2$ ), Variância dentro ( $\hat{\sigma}_d^2$ ), Herdabilidade dentro ( $\hat{h}_d^2$ ), Herdabilidade média ( $\hat{h}_m^2$ ), Coeficiente de variação genética *CVg* (%), Coeficiente de variação genética dentro da parcela *CVgd* (%), *CVg/CVe* ( $\hat{b}1$ ), *CVg/CVe* ( $\hat{b}2$ ).

### 4.3 Progresso genético

A predição do progresso genético pela seleção de 25% das famílias e, dentro da progênie, com a seleção de 20% das plantas indica potencial de ganhos genéticos de 33,36% e 15,95% para maior resistência a mofo preto avaliado no município de Pacajus nos anos de 2008 e 2009, respectivamente. No município de Paraipaba, encontraram-se valores de até 62,17% de ganho para resistência à antracnose e 28,87% de ganho para resistência a mofo preto, ambos no ano de 2009 (Tabela 10). São ganhos máximos estimados, bastante altos devido à alta variabilidade genética entre as progênies componentes do experimento.

Para todas as características avaliadas, o progresso genético da seleção realizada dentro da progênie sempre foi superior a realizada entre estas, exceto para o grau de severidade à antracnose em Pacajus no ano de 2008, com valores entre e dentro de 2,99% e 2,68%, respectivamente. Fato este devido à doença não ter se manifestado bem nesse ambiente. O mesmo não ocorreu com o grau de severidade do mofo preto, em que foram obtidos valores de 19,81% e 9,11% de ganho dentro da parcela contra 13,55% e 6,85% de ganho entre progênies nos dois anos de avaliação.

Verificando os valores obtidos em Paraipaba, em que os ganhos dentro das progênies contribuíram com aproximadamente o dobro do ganho obtido com a seleção entre

elas, podendo-se destacar as características de resistência à antracnose, em que os ganhos dentro ultrapassaram os 25% em 2008 e 40% em 2009.

Tabela 10 – Ganho genético esperado entre progênies com a seleção de 25% das famílias, e dentro da progênie com a seleção de 20% das plantas (em cada repetição).

Local	Doença	Ano	Entre progênies		Dentro da progênie		M.O.	M.M.	Gs Total
			Gs	Gs (%)	Gs	Gs (%)			
Pacajus	Antracnose	08	0,02	2,99	0,02	2,68	0,80	0,75	5,67
	Mofo preto	08	0,14	13,55	0,21	19,81	1,06	0,71	33,36
	Mofo preto	09	0,11	6,85	0,14	9,11	1,56	1,31	15,95
Paraipaba	Antracnose	08	0,13	14,24	0,24	26,05	0,90	0,54	40,29
	Antracnose	09	0,25	20,33	0,52	41,85	1,25	0,47	62,17
	Mofo preto	08	0,13	9,86	0,21	15,68	1,31	0,98	25,54
	Mofo preto	09	0,15	10,78	0,24	18,09	1,35	0,96	28,87

Fonte: elaborado pelo autor.

GS: Ganho genético esperado com a seleção; M.O.: Média original do ensaio; M.M.: Média melhorada esperada para a próxima geração.

#### 4.4 Interação genótipo x ambiente

##### 4.4.1 Análise conjunta para ano

Os resultados das análises de variância, médias e coeficientes de variação experimental para as características grau de severidade do mofo preto máximo e geral para os dois anos em conjunto no município de Pacajus são apresentados na Tabela 11.

Tabela 11 – Resultados de médias, coeficientes de variação experimental e quadrados médios para blocos, progênies, blocos\*progênies, ano, blocos\*ano e progênies\*ano da análise conjunta de dois anos para o caráter severidade de mofo preto máximo (MPM) e geral (MPG) em Pacajus.

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios	
		Mofo preto local (MPM)	Mofo preto geral (MPG)
Bloco	2	0,1458 **	0,1638 **
Progênies	22	0,1201 **	0,1091 **
Bloco*Progênies	44	0,0213	0,0212
Ano	1	14,7722 **	8,6964 **
Bloco*Ano	2	0,1248	0,0405
Progênies*Ano	22	0,0218	0,0176
Erro	44	0,0213	0,0164
<b>CV</b>		10,2906	9,8017
<b>Média</b>		1,4197	1,3067



Fonte: elaborado pelo autor.

Na análise conjunta nos dois anos no município de Pacajus, verificou-se que o teste F tanto para progênies como para ano apresentou significâncias em nível de 1% para as citadas características, mostrando que a severidade da doença se alterou de 2008 para 2009.

Na Tabela 12, estão apresentados os resultados das análises de variância, médias e coeficientes de variação experimental para as características grau de severidade da antracnose e do mofo preto máximo e geral para os dois anos em conjunto no município de Paraipaba.

Tabela 12 – Resultados de médias, coeficientes de variação experimental e quadrados médios para blocos, progênies, blocos\*progênies, ano, blocos\*ano e progênies\*ano da análise conjunta de dois anos para as características de severidade da antracnose e do mofo preto máximos (SAM e MPM) e gerais (SAG e MPG) em Paraipaba.

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios			
		SAM	SAG	MPM	MPG
Bloco	2	0,1309	0,0737	0,1139	0,1332 *
Progênies	20	0,2982 **	0,2338 **	0,1855 **	0,1339 **
Bloco*Progênies	36	0,0563	0,0429	0,0582	0,0356
Ano	1	5,5117 **	3,5720 **	0,0238	0,0330
Bloco*Ano	2	0,0528	0,0358	0,0805	0,0441
Progênies*Ano	20	0,0603	0,0374	0,0172	0,0146
Erro	36	0,0376	0,0283	0,0190	0,0114
<b>CV</b>		16,7699	15,6404	9,4031	7,9973
<b>Média</b>		1,1568	1,0756	1,4664	1,3322

Fonte: elaborado pelo autor.

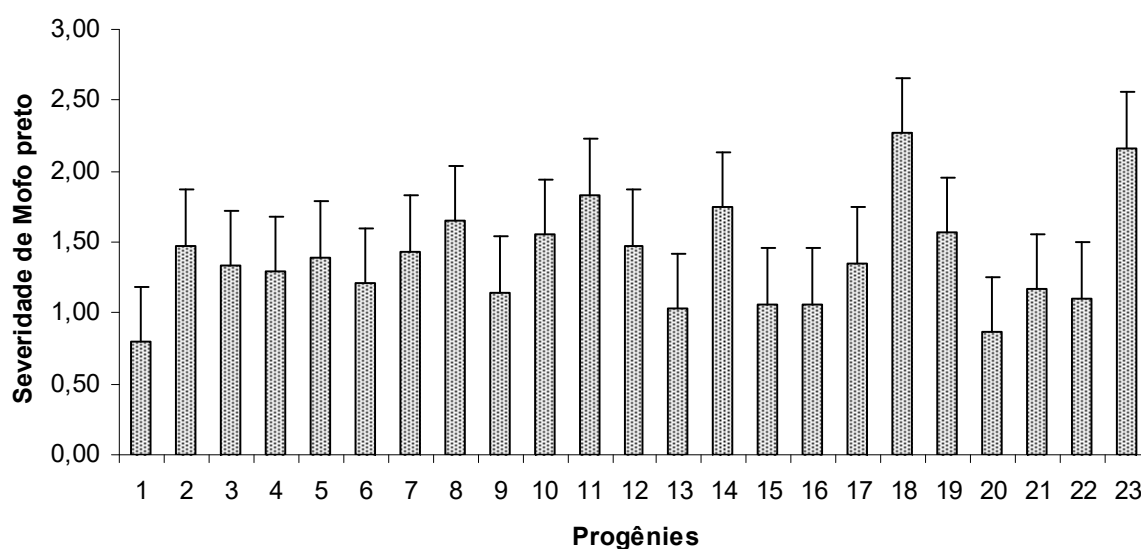
Em Paraipaba, a análise conjunta para os dois anos, apresentou diferença significativa entre as progênies ao nível de 1% de probabilidade para as características grau de severidade da antracnose e do mofo preto, avaliados tanto de forma máximo como geral. Para ano, o teste F apresentou significância em nível de 1% para severidade da antracnose máximo e geral, porque, em 2009, as condições para a infecção do hospedeiro pelo agente causal desta doença estiveram mais favoráveis do que no ano anterior. O mesmo não foi verificado para severidade do mofo preto, pois, nos dois anos, a doença se manifestou de forma semelhante, não apresentando diferenças estatísticas.

Para ambos máximos, a interação progênies\*ano não apresentou diferenças significativas, indicando que os tratamentos não alteraram suas posições entre os dois anos. Esses resultados são muito interessantes, pois demonstram que a diferença de resistência entre

os materiais é devida, principalmente, a fatores de origem genéticos, sendo pouco influenciados pelo ambiente.

Na figura 1, encontram-se os resultados do comportamento das progênies quanto ao grau de severidade de mofo preto geral da análise conjunta de dois anos em Pacajus. Pode-se discriminar que as progênies que apresentam os menores níveis de severidade para mofo preto são 1, 13, 15, 16 e 20, ao passo que as mais suscetíveis foram as 8, 11, 14, 18 e 23.

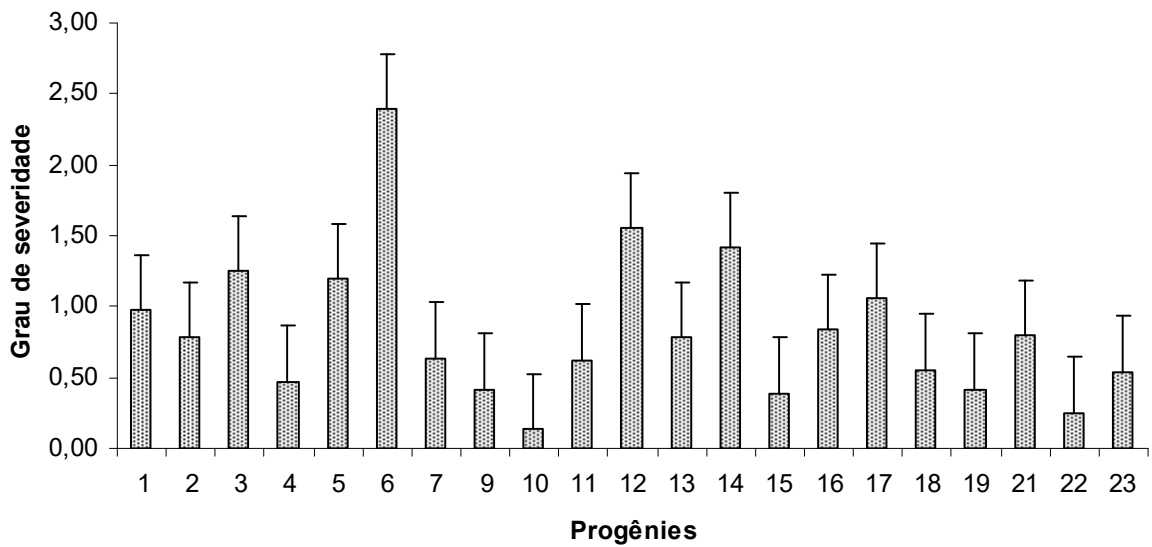
Figura 1 – Comportamento de progênies de cajueiro anão precoce quanto ao grau de severidade de mofo preto da média de dois anos em Pacajus. Médias não transformadas. Escala de notas de 0 a 4.



Fonte: elaborado pelo autor.

Em relação à severidade de antracnose geral para Paraipaba, as progênies que apresentaram maior resistência ao patógeno foram 9, 10, 15, 19 e 22. Enquanto isso, as progênies 3, 5, 6, 12 e 14 apresentaram maior grau de severidade a doença (figura 2).

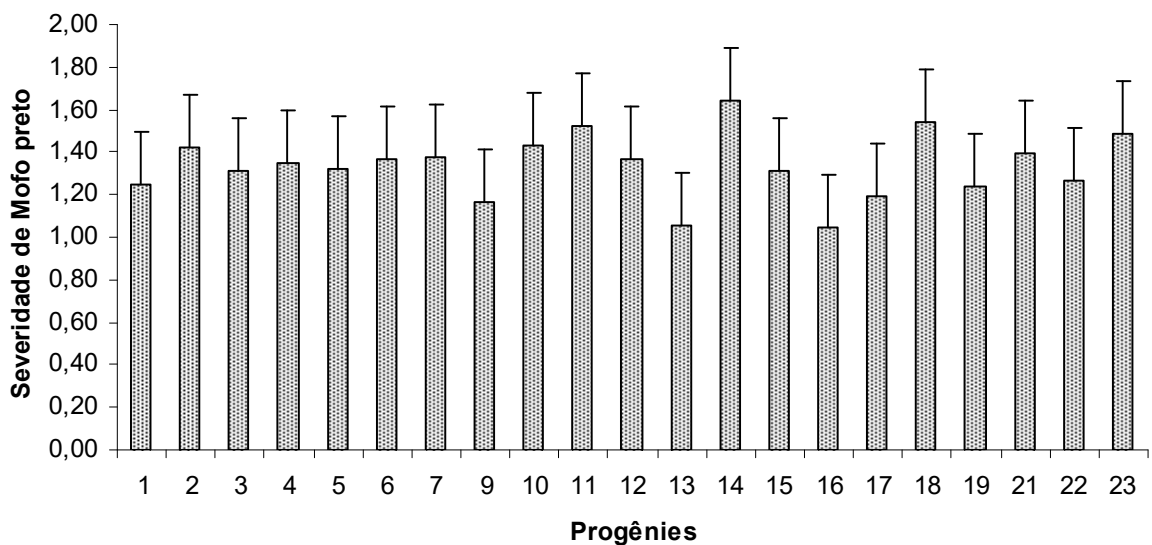
Figura 2 – Comportamento de progênies de cajueiro anão precoce quanto ao grau de severidade de antracnose geral (SAG) da média de dois anos em Paraipaba. Médias não transformadas. Escala de notas de 0 a 4.



Fonte: elaborado pelo autor.

Como se pode observar na figura 3, para Mofo Preto Geral em Paraipaba, a análise permitiu diferenciar as progênies, sendo as com maiores graus de resistência 9, 13, 16, 17 e 19. Os materiais 10, 11, 14, 18 e 23 demonstraram maior suscetibilidade à doença.

Figura 3 – Comportamento de progênies de cajueiro anão precoce quanto ao grau de severidade de mofo preto da média de dois anos em Paraipaba. Médias não transformadas. Escala de notas de 0 a 4.



Fonte: elaborado pelo autor.

#### 4.4.2 Análise conjunta para local

A Tabela 13 apresenta os resultados de médias, coeficientes de variação experimental e os quadrados médios para progênes, locais e interação entre progênes x locais para os dois municípios em conjunto nos anos de 2008 e 2009.

Tabela 13 – Resultados de médias, coeficientes de variação experimental e quadrados médios para blocos, progênes, blocos\*progênes, local, blocos\*local e progênes\*local da análise conjunta de dois locais para o caráter severidade de mofo preto máximo (MPM) e geral (MPG) nos anos de 2008 e 2009.

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios			
		2008		2009	
		MPM	MPG	MPM	MPG
Bloco	2	0,2011 **	0,0699	0,1111 *	0,0458
Progênes	22	0,1582 **	0,1129 **	0,1279 **	0,1094 **
Bloco*Progênes	44	0,0353	0,0233	0,0298	0,0242
Local	1	4,3573 *	1,9241	2,7146 *	1,3401
Bloco*Local	2	0,1879	0,2187	0,0270	0,1232
Progênes*Local	20	0,0246	0,0184	0,0246	0,0262
Erro	36	0,0238	0,0168	0,0269	0,0206
<b>CV</b>		12,1325	11,0140	10,1861	9,8250
<b>Média</b>		1,2714	1,1754	1,6110	1,4615

Fonte: elaborado pelo autor.

As médias apresentadas pelas progênes no ano de 2008 foram superiores às obtidas no ano de 2009, o que indica que no segundo ano houve uma melhor disposição dos fatores que influenciam no processo de infecção do patógeno, como aumento do inóculo inicial de um ano para outro e condições ambientais que favoreceram a doença. Os coeficientes de variação ambiental alteraram de 9,8% a 12,13% para os caracteres estudados nos dois anos e estão coerentes com os apresentados por Cavalcanti (2000), trabalhando com clones da mesma espécie.

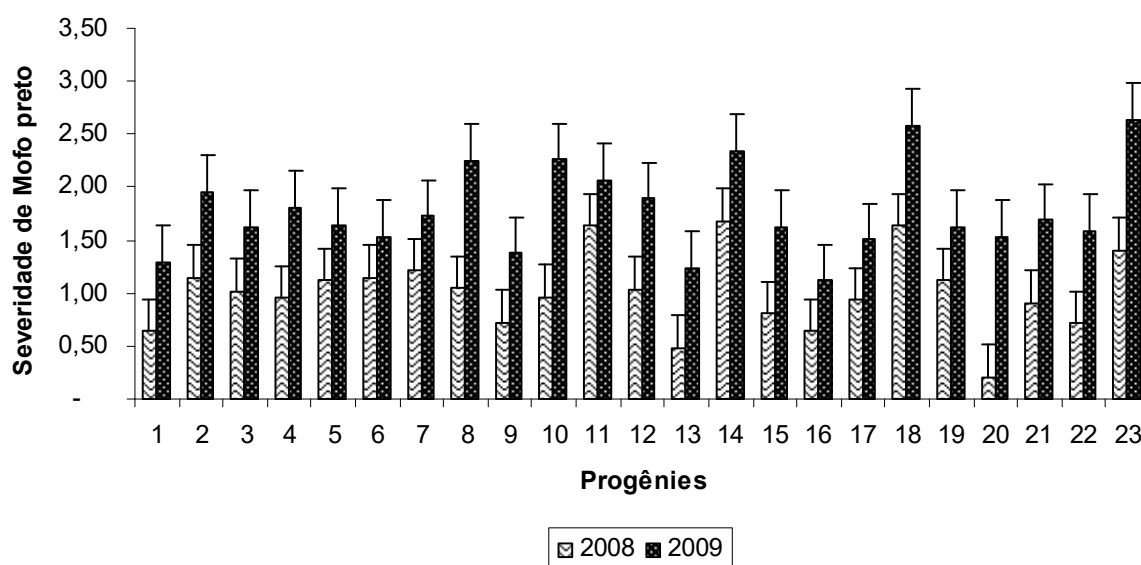
Analisando conjuntamente os dois locais, o teste F para progênes apresentou diferenças significativas a 1% de probabilidade para as características grau de severidade local e geral do mofo preto para dois anos. Para a fonte de variação máximo, o teste F apresentou significância em nível de 5% apenas a para característica severidade do mofo preto máximo para os dois anos.

Os testes F para interação progênes\*locais não apresentaram significância em nível de 5% de probabilidade para as características estudadas, o que mostra que, mesmo testadas em diferentes ambientes, não ocorreu alterações na posição das progênes quanto ao grau de severidade do mofo preto, efetuando-se a avaliação de forma máximo ou geral para os

dois anos avaliados. Porém, deve-se levar em consideração, nesses casos, também a genética do patógeno, pois, provavelmente, o agente causal que atua nos dois locais pertence a uma mesma raça.

Em 2008, através da análise conjunta de locais para a característica severidade de mofo preto geral, foi possível detectar as seguintes progênes com maiores graus de resistência: 1, 13, 16, 20 e 22. Também foram identificadas progênes com maior suscetibilidade a doença, sendo elas: 7, 11, 14, 18 e 23. Para 2009, apesar de um aumento nas médias das progênes, não foram verificadas grandes alterações de posições entre os tratamentos. Nesse caso, as progênes 9 e 17 passaram a fazer parte do grupo das resistentes enquanto as 8 e 10 do grupo das suscetíveis.

Figura 4 – Comportamento de progênes de cajueiro anão precoce quanto ao grau de severidade de mofo preto geral (MPG) da média de dois locais nos anos de 2008 e 2009. Médias não transformadas. Escala de notas de 0 a 4.



Fonte: elaborado pelo autor.

#### 4.5 Parâmetros genéticos das análises conjuntas

Os parâmetros genéticos e estatísticos estimados para os dois anos em conjunto encontram-se na tabela 14. Em Pacajus, inseriu-se apenas o caráter de severidade do mofo preto, para o qual foi obtido o valor de herdabilidade média de 79,47%, valor este superior ao encontrado em Paraipaba que foi de 71,00%. Isso se deve ao fato de, em Pacajus, a maior parte da variação fenotípica ser de origem genética. Para o caráter severidade de antracnose

foi alcançado um valor de 77,76%, um número bastante significativo, assim como os outros valores encontrados nas outras características.

Os valores das relações dos coeficientes de variação genético ( $CV_g$ ) pelos coeficientes de variação experimental ( $CV_e$ ) dos caracteres severidade da antracnose em Paraipaba e severidade do mofo preto em Pacajus e Paraipaba, foram 1,071, 0,939 e 1,223, respectivamente, estando próximos ou acima de 1,0, evidenciando uma condição bastante favorável para a seleção das progênies em estudo.

Tabela 14 – Estimativas dos parâmetros genéticos e estatísticos referentes à severidade da antracnose e do mofo preto nos dois anos em conjunto para Pacajus e Paraipaba, CE.

Parâmetros	Pacajus	Paraipaba	
	Mofo preto	Antracnose	Mofo preto
Variância fenotípica ( $\hat{\sigma}_F^2$ )	0,018	0,042	0,024
Variância genética ( $\hat{\sigma}_{ge}^2$ )	0,014	0,032	0,017
Variância ambiental ( $\hat{\sigma}_e^2$ )	0,016	0,028	0,011
Herdabilidade média ( $\hat{h}_m^2$ )	79,47	77,76	71,00
CVg (%)	9,20	16,75	9,78
CVe (%)	9,80	15,64	7,99
CVg/CVe ( $\hat{b}1$ )	0,939	1,071	1,223

Fonte: elaborado pelo autor.

Na tabela 15, foram estimados os parâmetros genéticos e estatísticos para os dois locais estudados em conjunto somente para a característica mofo preto em cada ano. Os valores de herdabilidade média foram de 75,18% e 70,59% nos anos de 2008 e 2009, respectivamente, números não muito distantes dos encontrados por Cavalcanti *et al.*, (2000), assim como os valores de  $CV_g$ . Os valores do índice  $\hat{b}1$  estão bastante próximos de 1,0, transparecendo excelentes condições para a realização desta característica nos dois anos, pois, como se pode observar, os valores variam muito pouco entre os anos.

Tabela 15 – Estimativas dos parâmetros genéticos e estatísticos referentes à severidade do mofo preto nos dois locais em conjunto para cada ano de avaliação.

Parâmetros	2008	2009
	Mofo preto	Mofo preto
Variância fenotípica ( $\hat{\sigma}_F^2$ )	0,020	0,020
Variância genética ( $\hat{\sigma}_{ge}^2$ )	0,015	0,014
Variância ambiental ( $\hat{\sigma}_e^2$ )	0,017	0,021
Herdabilidade média ( $\hat{h}_m^2$ )	75,18	70,59

CVg (%)	10,51	8,07
CVe (%)	11,01	9,83
CVg/CVe ( $\hat{b}_1$ )	0,955	0,821

---

Fonte: elaborado pelo autor.

## 5 CONCLUSÃO

As estimativas dos parâmetros genéticos em estudo apresentam valores significativos para antracnose e mofo preto, indicando presença importante de variância genética liberada entre as progênies de cajueiro.

As estimativas dos coeficientes de herdabilidade para seleção de progênies resultam em ganhos superiores em relação à seleção de plantas dentro de progênies.

Os índices  $\hat{b}_1$  e  $\hat{b}_2$  revelam uma condição favorável à seleção dentro de progênies para todas as características em ambos locais.

A seleção entre progênies e dentro delas deverá conduzir a elevados ganhos para severidade da antracnose e do mofo preto.

Não existe interação genótipo x ambiente significativa envolvendo os dois locais utilizados para a avaliação dos genótipos.

As herdabilidades médias quando analisados conjuntamente apresentaram valores similares à maioria das herdabilidades médias individuais para locais.

O índice  $\hat{b}_1$  quando analisados conjuntamente apresentaram valores superiores ao mesmo índice analisados individualmente.



## REFERÊNCIAS

- AQUINO, A.R.L. *et al.* **Levantamento de plantas daninhas na cultura do cajueiro nos Baixões Agrícolas Piauienses.** Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical. 2003 (Série Embrapa – Comunicado técnica, 89).
- BARROS, L. M. *et al.* **A cultura do Cajueiro Anão.** Fortaleza: EPACE, 1984. 67p. (EPACE, Documentos, 3).
- BARROS, L.M. **Caracterização morfológica e isoenzimática do cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) tipos comum e anão-precoce, por meio de técnicas multivariadas.** 1991. 256f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1991.
- BARROS, L.M. Melhoramento. *In:* LIMA, V.P.M.S. (Org.). **A cultura do cajueiro no Nordeste do Brasil.** Fortaleza: BNB/ETENE, 1988. p. 321-356 (BNB/ETENE, Estudos Econômicos e Sociais, 35).
- BARROS, L.M.; CRISÓSTOMO, J.R. Melhoramento genético do cajueiro. *In:* ARAÚJO, J.P.P.; SILVA, V.V. **Cajucultura: modernas técnicas de produção.** Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 1995. p. 73-93.
- BARROS, L.M. *et al.* Cajueiro. *In:* BRUCKNER, C.H. (ed.). **Melhoramento de fruteiras tropicais.** Viçosa: UFV, 2002a. p. 159-176.
- BARROS, L. de M. *et al.* BRS 189 dwarf cashew clone cultivar. **Crop Breeding and Applied Biotechnology.** v.2, n.1, p.157-158, 2002b.
- BONOMO, P. *et al.* Avaliação de progênies obtidas de cruzamentos de descendentes do Híbrido de Timor com as cultivares Catuaí Vermelho e Catuaí Amarelo. **Bragantia.** 2004, vol.63, n.2, pp. 207-219. ISSN 0006-8705.
- CARDOSO, J.E.; FREIRE, F.C.O.; SOUSA, R.N.M. **Efeito de fungicidas no controle do mofo-preto-do-cajueiro.** Fortaleza: Embrapa-CNPAT, 1996. 3p. (Embrapa-CNPAT. Pesquisa em Andamento, 20).
- CARDOSO, J. E.; ARAGÃO, M. L.; CAVALCANTE, M. J. B. Avaliação de produtos químicos no controle das principais doenças do cajueiro no semi-árido nordestino. **Fitopatologia Brasileira,** v. 20, p. 242, 1995. Suplemento.
- CARDOSO, J. E. *et al.* Genetic resistance of dwarf cashew (*Anacardium occidentale* L.) to anthracnose, black mold, and angular leaf spot. **Crop Protection,** Oxford, UK, v. 18, n. 1, p. 23-27, 1999.
- CARDOSO, J. E. *et al.* Identificação de fontes de resistência em clones de cajueiro anão-precoce às principais doenças foliares. *In:* XIII-Congresso Brasileiro de Fruticultura, 1994, Salvador. **Anais...** Brasília: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 1994. v. 1. p. 297-298.
- CARDOSO, J. E. *et al.* Precipitação pluvial e progresso da antracnose e do mofo preto do cajueiro (*Anacardium occidentale*). **Summa Phytopathologica,** Jaboticabal, SP, v. 26, n. 4, p. 413-416, 2000.

CAVALCANTI, J. J. V.; CRISÓSTOMO, J.R.; CARDOSO, J. E. **Resistência genética de clones de cajueiro anão precoce às principais fitomoléstias**. Fortaleza: Embrapa-CNPAT, 2000 (Boletim de Pesquisa, 34).

CAVALCANTI, J.J.V. *et al.* Capacidade de Combinação do Cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) em Relação à Produção Precoce de Castanha. **Revista Ceres**, Viçosa, v.44, n.254, p. 466-472, 1997.

CAVALCANTI, J. J. V. *et al.* 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. *et al.* Heterose em cajueiro anão precoce. **Ciência e Agrotecnologia**, v.27, p. 565-570. 2003.

CRISÓSTOMO, L.A. *et al.* **Cultivo do cajueiro anão precoce: Aspectos fitotécnicos com ênfase na adubação e na irrigação**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical. 2001 (Série Embrapa, Circular técnica, 10).

CRISÓSTOMO, J.R. *et al.* Melhoramento Genético do Cajueiro *In*: QUEIRÓZ, M. A.; GOEDERT, C. O.; RAMOS, S.R.R. (Ed.). **Recursos Genéticos e Melhoramento de Plantas para o Nordeste brasileiro**. Brasília, 1999. Disponível em: <http://www.cpatia.embrapa.br>. Acesso em: 26 set. 2007.

CRUZ. C. D.; REGAZZI. A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa. MG: Universidade Federal de Viçosa. Imprensa Universitária. 1994. 390p.

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2003. v.2. 585p.

CRUZ, C.D.; CARNEIRO, P.S.C. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2.ed. Viçosa, MG: UFV, 2006. v.2. 586p.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United States. **Production**. Disponível em: <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>. Acesso em: 26 jun. 2009.

FERRÃO, R. G. *et al.* Parâmetros genéticos em café Conilon. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.43, n.1, p.61-69, jan. 2008

FREIRE, F. C. O. Controle químico do mofo preto (*Diplodidium anacardiacearum* Batista & Cavalcante) no cajueiro (*Anacardium occidentale* L.). *In*: Congresso Brasileiro de Fruticultura, 11., 1991, Petrolina. **Anais...** Cruz das Almas: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 1991. Resumo 52.

FREIRE, F. C. O. *et al.* Diseases of cashew nut plants (*Anacardium occidentale* L.) in Brazil. **Crop Protection**, Oxford, UK, v. 21, n. July, p. 489-494, 2002.

FREIRE, F. C. O.; CARDOSO, J. E.; VIANA, F. M. P. **Doenças de fruteiras tropicais de interesse agroindustrial**. 1. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. v. 1. 687 p.

FREIRE, F. C. O., ROSSETI, A. G. Controle químico de antracnose em mudas de cajueiro. In: Congresso Brasileiro de Fruticultura, 11., 1991, Petrolina. **Anais...** Cruz das Almas: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 1991. Resumo 37.

FUNCEME. Fundação cearense de meteorologia e recursos hídricos. Disponível em: <http://www.funceme.br/index.php/areas/23-monitoramento/meteorológico/406-chuvas-diárias>. Acesso em: 26 jun. 2009.

IBGE, **Levantamento sistemático da produção agrícola (LSPA)**. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/protabl.asp?c=1613&z=t&o=1&i=P>. Acesso em 26 jun. 2009.

JOUBERT, A. S., THOMAS, D. S. the cashew nut, **Farming S. Afr.** V. 40, n. 11, p. 6-7, 1965.

LEITE, L.A.S. **A agroindústria do caju no Brasil**: políticas públicas e transformações econômicas. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical. p. 195, 1994.

MAGAHÃES, E. Fruticultura Tropical - O cajueiro. **Boletim de Agricultura**, São Paulo Série 14, no2, 1913. p 107-22.

MIRANDA FILHO, J. B. Princípios de experimentação e análise estatística. In: PATERNIANI, E. **Melhoramento e produção de milho no Brasil**. Piracicaba. ESALQ/USP. p. 620-650. 1978.

MITCHELL, J. D.; MORI, S. A. The cashew and its relatives (*Anacardium: Anacardiaceae*). **Memoirs of the New York Botanical Garden**, New York, v. 42, n. 1, p. 1-76. 1987.

OLIVEIRA, V.H. *et al.* **Cultivo do cajueiro anão precoce**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical. 2002 (Sistemas de Produção 1).

OHLER, J. G. Cashew. Amsterdam: **Koninklijk Instituut Voor de tropen**, 1979. p. 260.

PAIVA, J. R. *et al.* Parâmetros genéticos em progênies de polinização livre de acerola. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.34, n.4, p.629-634, abr. 1999

PAIVA, J.R. *et al.* **Clone de Cajueiro-Anão Precoce BRS 226 ou Planalto**: Nova Alternativa para o Plantio na Região Semi-árida do Nordeste. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical. 2002. 4p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Comunicado Técnico, 78).

PAIVA, J.R. *et al.* Depressão por endogamia em progênies de cajueiro anão precoce var. nanum. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 33, p. 425-431. 1998.

PATERNIANI, E.; MIRANDA FILHO, J. B. Melhoramento de populações. *In*: Paterniani, E.; Viegas GP (eds.) **Melhoramento e produção de milho**. Fundação Cargill. Campinas. vol.1, p. 217-274. 1987.

PETEK, M. R. *et al.* Seleção de progênies de *Coffea arabica* com resistência simultânea à mancha aureolada e à ferrugem alaranjada. **Bragantia**. 2006, vol.65, n.1, pp. 65-73. ISSN 0006-8705.

PETEK, M. R.; SERA, T., FONSECA, I. C. B. Predição de valores genéticos aditivos na seleção visando obter cultivares de café mais resistentes à ferrugem. **Bragantia**. 2008, vol.67, n.1, pp. 133-140. ISSN 0006-8705.

RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B.; PINTO, C. B. **Genética na Agropecuária**. São Paulo. Globo. 359p. 1990.

RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B.; ZIMMERMANN, M. J. O. **Genética quantitativa em plantas autógamas**. Aplicações ao melhoramento do feijoeiro. Goiânia. Editora da UFG. 271p. 1993.

RESENDE, M. D. V. **SELEGEN-REML/BLUP - Seleção genética computadorizada: manual do usuário**. Colombo: Embrapa – CNPF, 2002a. 67p.

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

RESENDE, M.D.V. **Software SELEGEN – REML/BLUP**, Colombo: Embrapa Florestas, (Embrapa Florestas, Documentos, 77), 2002, 67p.

RESENDE, M. D. V.; FURLANI-J. E.; MORAES, M. L. T. Estimativas de parâmetros genéticos e predição de valores genotípicos no melhoramento do cafeeiro pelo procedimento reml/blup, **Bragantia**, 2001, vol.60, n.3, p.185-193, ISSN 0006-8705.

ROSSETTI, A.G.; AQUINO, A.R.L. Influência do tipo de ramo sobre o crescimento e produção do cajueiro-anão-precoce de copa substituída. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n. 3, 2002.

SANTOS, F.H.C. **Variabilidade físico-química em pedúnculos de cajueiro anão precoce numa população de retrocruzamento 1 (RC1)**. 2006. 48f. Monografia (Graduação) Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2006.

**SAS Procedures Guide for computers**. 6ed. Cary, NC. SAS Institute, Inc., v. 3, 1996.

VAVILOV, N.I. **The Origin, Variation, Immunity and Breeding of Cultivated Plants**. The Ronald Press Company, New York, 1951, 364p.

VENCOVSKY. R. **Princípios de genética quantitativa**. Piracicaba. ESALQ/USP. Apostila. 97p, 1977.

VENCOVSKY, R. Herança quantitativa. In: PATERNIANI, E.; VIEGAS, G. P. (coord.). **Melhoramento e Produção de Milho no Brasil**. 2ed. Campinas. Fundação Cargill. 1987.p.137-214.

ZEVEN, A.C. e ZHUKOVSKY, P.M. **Dictionary of cultivated plants and their centres of diversity - Excluding ornamentals forest trees and lower plants**. Wageningen - Centre for Agricultural Publishing and Documentation. 1975. 145 p.