



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE SANTA CRUZ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL

CAROLINA SANTOS BENJAMIN

SELEÇÃO DE GENÓTIPOS DE CACAUEIRO PARA RESISTÊNCIA A
***Moniliophthora perniciosa* E PRODUTIVIDADE**

ILHÉUS – BAHIA

2012

CAROLINA SANTOS BENJAMIN
Engenheira Agrônoma

SELEÇÃO DE GENÓTIPOS DE CACAUEIRO PARA RESISTÊNCIA A
***Moniliophthora perniciosa* E PRODUTIVIDADE**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Santa Cruz, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, para obtenção do título de Mestre.

Linha de Pesquisa:
Proteção de Plantas

Orientador:
Prof. Dra. Edna Dora Martins Newman Luz

Co-orientadores:
Prof. Dr. José Luiz Pires
Prof. Dr. Marival Lopes

ILHÉUS – BAHIA

2012

CAROLINA SANTOS BENJAMIN

**SELEÇÃO DE GENÓTIPOS DE CACAUEIRO PARA RESISTÊNCIA A
Moniliophthora perniciosa E PRODUTIVIDADE**

Ilhéus – BA, 17/07/2012

Edna Dora Martins Newman Luz - PhD
UESC/CEPLAC
(Orientadora)

Paulo Sérgio Bevilaqua de Albuquerque –DSc
CEPLAC-Bélem, PA

Stela Dalva Vieira Midlej Silva – DSc
CEPLAC/SEFIT-Ilhéus, BA

Wilson Reis Monteiro – PhD
CEPLAC/SEGEN-Ilhéus, BA

*A **Wedisson**, por me fazer acreditar que sempre posso ir mais longe.*

Ofereço

***Dra. Edna Dora Luz**, minha Mãezinha e Orientadora, pela dedicação e competência
no exercício da docência.*

Homenageio

*A **José Roberto Benjamin**, meu Pai, pelos mais de trinta anos dedicados a
Cacaucultura e de quem eu herdei a paixão por essa cultura.*

*A **Grasiela, Rafaella e Bettina**, as três mulheres mais importantes da minha vida.*

Dedico

AGRADECIMENTOS

- ★ A Deus, por me confiar o dom de viver;
- ★ A Dra. Edna Dora Martins Newman Luz, o grande presente que ganhei no mundo da pesquisa, pela plena orientação, carinho, ajuda, palavras de motivação e pela maravilhosa convivência durante esses dois anos.
- ★ Ao meu coorientador, Dr. José Luiz Pires, pelos ensinamentos e colaboração nas análises estatísticas.
- ★ Ao meu coorientador, Dr. Marival Lopes, pelas sugestões e auxílio ao longo da pesquisa.
- ★ Ao Dr. Wilson Monteiro, pela orientação, sugestões, ajuda e boa vontade durante a execução do trabalho.
- ★ Ao amigo Lindolfo, pela boa vontade, organização dos dados e palavras de incentivo.
- ★ Ao Dr. José Luiz Bezerra, pela doçura inigualável, ensinamentos e boas risadas.
- ★ A Dra. Stela Dalva, pelo carinho, sugestões e disponibilidade;
- ★ Ao Chefe do CEPEC, Adonias de Castro, pela receptividade e apoio sempre que requerido;
- ★ Ao Chefe da ESARM, Écio, pela amizade e enorme ajuda em diversas etapas do trabalho;
- ★ Aos queridos amigos da Seção de Fitopatologia: Joel, Catarino, Tita, Magui, Deni, Cenilda, Lurdinha, Clelinha, Marcinha, Milde, Marcelinha, Tacila, Neto Pimenta, Marquinhos, Gláucio, Virgínia e Ana Rosa, por terem me recebido de braços abertos, tornando meu período na CEPLAC muito mais agradável. Cada um deles teve uma contribuição fundamental para a realização desse trabalho e deixo aqui registrado o meu enorme carinho e gratidão.
- ★ Aos operários de campo da Seção de Fitopatologia, em especial a Orlando Garcia, Nani e Seu Orlando, pela inestimável ajuda nas atividades de campo, carinho e harmoniosa convivência.
- ★ Aos técnicos da Seção de Genética: Bezerra, Luizinho, Moacir e Alfredo, pelo empenho e disponibilidade.

- ★ Ao meu Pai, José Roberto, por nunca medir esforços para que eu realizasse todos os meus objetivos, sempre se mostrando o melhor Pai do mundo. Por todas as sugestões nesse trabalho como Eng. Agrônomo e Cacaucultor.
- ★ A minha Mãe, Grasiela, pela sua presença diária e apoio em todas as minhas decisões;
- ★ As minhas Irmãs, Rafaella e Bettina, por dividirem comigo os problemas e alegrias, por estarem sempre ao meu lado e pelas correções e sugestões no trabalho.
- ★ A Wedisson, pela inestimável ajuda em todos os momentos;
- ★ A Eliane (Lica), uma amiga muito especial, que durante todo esse tempo foi uma companhia diária, sempre me ouvindo, me motivando e me fazendo acreditar que tudo daria certo. Agradeço cada palavra de apoio, carinho e principalmente os valiosos conselhos.
- ★ A Mariana, minha amiga querida, pelos momentos mais que alegres que passamos juntas, pelas conversas e sincera amizade.
- ★ A Cristiane (Cris), um grande exemplo de amiga e ser humano, pelas risadas, companhia e orações. Com certeza a sua presença contribuiu para que eu me tornasse uma pessoa melhor.
- ★ A Têssio, meu eterno e querido amigo, pela atenção e ajuda, por todos os conselhos profissionais e principalmente pelos poucos, mas divertidíssimos momentos juntos, que sempre serão lembrados.
- ★ Aos colegas do Mestrado, pela agradável convivência.
- ★ Ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal.
- ★ As secretárias do Mestrado, Caroline e Liliane, pela competência, ajuda e boa vontade, sempre que requeridas.
- ★ A CEPLAC, por me conceder toda a infra-estrutura para realização deste projeto.
- ★ A CAPES, pela concessão da bolsa.

OBRIGADA

“O saber a gente aprende com os mestres e os livros. A sabedoria se aprende é com a vida e com os humildes”

Cora Carolina

SUMÁRIO

EXTRATO	xix
LISTA DE FIGURAS	xxiii
LISTA DE TABELAS	xxv
1.INTRODUÇÃO.....	1
2.REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1. Cacaueiro: origem, dispersão e aspectos econômicos	4
2.2 Características de frutos e de sementes.....	5
2.4. Vassoura-de-Bruxa do Cacaueiro	6
2.4.1. Etiologia e Sintomatologia	7
2.4.2. Ciclo da Doença	8
2.4.3. Métodos de Controle	9
2.5. Melhoramento Genético do Cacaueiro.....	11
3.CAPÍTULO 1	13
RESUMO	13
3.1.INTRODUÇÃO.....	16
3.2.MATERIAL E MÉTODOS.....	19
3.2.1.Experimento 1: Avaliação à campo do comportamento de 22 progênies em relação à infecção natural por <i>Moniliophthora perniciosa</i>	20
3.2.2.Experimento 2: Caracterização morfológica de frutos e sementes das progênies de cacaueiros avaliadas para resistência à <i>Moniliophthora perniciosa</i>	20
3.3. RESULTADOS	22
3.3.1.Experimento 1: Avaliação à campo do comportamento de 22 progênies em relação à infecção natural por <i>Moniliophthora perniciosa</i>	22
3.3.2.Experimento 2: Caracterização morfológica de frutos e sementes das progênies de cacaueiros avaliadas para resistência à <i>Moniliophthora perniciosa</i>	27
3.4. DISCUSSÃO	31
4.CAPÍTULO 2	38
RESUMO	38
4.1.INTRODUÇÃO.....	41
4.2. MATERIAL E MÉTODOS.....	43
4.2.1.Material genético	43
4.2.2.Obtenção do inóculo	44

4.2.3. Inoculação	45
4.2.4 Análise dos dados, delineamento e avaliações	46
4.3. RESULTADOS	48
4.4. DISCUSSÃO	52
5. CONCLUSÕES	56
REFERÊNCIAS	57

SELEÇÃO DE GENÓTIPOS DE CACAUEIRO PARA RESISTÊNCIA A *Moniliophthora perniciosa* E PRODUTIVIDADE

EXTRATO

Como contribuição ao Programa de Melhoramento Genético do Cacaueiro (PMGC), que visa gerar genótipos com genes de resistência a *Moniliophthora perniciosa*, agente causal da vassoura-de-bruxa, provenientes de diversas fontes e que tenham outros caracteres agronômicos desejáveis, realizou-se essa pesquisa, que teve como objetivos: i) selecionar progênies resistentes à vassoura-de-bruxa, ii) selecionar progenitores com alta capacidade geral de combinação para genes de resistência existentes em população-base estruturada e não-estruturada e iii) selecionar progênies produtivas em população-base estruturada a partir de características morfológicas de frutos e de sementes. Para isso, 22 progênies provenientes de uma população-base estruturada, plantadas na área experimental do Cepec em Ilhéus, BA, em três blocos com 12 plantas cada, foram avaliadas durante 10 anos, quanto ao número médio de vassouras vegetativas/ano e, durante o ano de 2011, quanto aos caracteres: peso de fruto (PF), comprimento do fruto (COMP), quantidade de sementes por fruto (QSF), peso úmido das sementes (PUS) e peso seco da amêndoa (PSA). Outras 15 progênies, formadas a partir de sementes de polinização aberta e pertencentes a uma população-base não estruturada, foram avaliadas através de inoculação em casa-de-vegetação com 1×10^5 basidiósporos mL^{-1} , em blocos ao acaso com 15 tratamentos (13 clones + 2 testemunhas) e 4 repetições de 14 plântulas cada, em duas épocas do ano. As 22 progênies testadas em campo apresentaram diferenças no comportamento em relação ao número médio de vassouras por planta, durante os anos de avaliação, destacando-se as progênies NA33 x RB39 e P4B x RB39, que permaneceram resistentes ao longo dos 10 anos, enquanto as progênies de Scavina 6 e dos seus descendentes mostraram, a partir de 2006, aumento acentuado no número de vassouras por planta. Há, portanto, grande diversidade genética entre as progênies estudadas, demonstrando que os clones RB39 e 36, P4B, NA33 e CSUL3 destacaram-se por apresentarem alta capacidade combinatória para o caráter resistência. Apenas os clones

SCA12, SCA6 e a progênie CSUL3 x SCA6, apresentaram peso seco de semente inferior a 1 g, sendo considerado desejável para esse caráter de produção valores acima de 1g. Assim, se mostraram altamente promissoras: RB36 x CHUAO120 com peso de 1,43g, RB36 x ICS1 com 1,35g e RB36 x CA5 com 1,32g. Entre as 15 progênies testadas apenas a do clone CP 195, que é uma seleção dentro da família F₁ do cruzamento TSH1188 x CCN51, mostrou-se suscetível, embora a porcentagem média de infecção nas plantas inoculadas de todo o experimento tenha sido relativamente baixa (6,3%). Progênies de oito clones CP 84, 149, 421, 302, 306, 300, 309 e 431, apresentaram níveis de infecção inferiores à média do experimento, demonstrando a eficiência da seleção para resistência quando materiais com diferentes níveis de resistência à vassoura-de-bruxa foram inter cruzados. Ficou evidenciada a grande diversidade genética entre as progênies estudadas e identificaram-se progenitores com alta capacidade geral de combinação.

Palavras-chave: *Theobroma cacao*; *Moniliophthora perniciosa*; melhoramento genético; caracterização morfológica.

SELECTION OF CACAO GENOTYPES FOR RESISTANCE TO *Moniliophthora perniciosa* AND PRODUCTIVITY

ABSTRACT

As a contribution to the program of genetic improvement of Cacao (PMGC), which aims to generate genotypes with resistance genes *Moniliophthora perniciosa*, causal agent of witches' broom, from various sources and that have other desirable agronomic characters, this research, which had as its objectives: i) select the progenies resistant to broom, ii) select parents with high general ability of combination for existing resistance genes in the population-based structured and non-structured and iii) select the progenies in population-structured production base from features morphology of fruits and seeds. To do this, from a population 22 progenies structured base, planted in the experimental area Cepec, in Ilhéus, Bahia, in three blocks with 12 plants each, were evaluated during 10 years, as the average number of vegetative brooms/year and, during the year of 2011, as the characters: weight of fruit (PF), length of fruit (COMP), amount of seeds per fruit (QSF) wet weight of seeds (PUS) and dry weight of almond (PSA). Other 15 progenies, formed from open-pollinated seeds and belonging to a population-based unstructured, were evaluated through inoculation at home-vegetation with 1×10^5 basidiospores mL^{-1} , in blocks, with 15 treatments (13 clones + 2 witnesses) and 4 repetitions of each seedling, 14 in two seasons of the year. The 22 progenies field-tested showed differences in behavior in relation to the average number of brooms per plant, during the years of assessment, including the progenies NA33 x RB39 and P4B x RB39, which have remained resistant over the 10 years, while the progenies of Scavina 6 and their descendants showed, from 2006, sharp increase in the number of brooms per plant. There is therefore great genetic diversity among the progenies studied, demonstrating that the clones RB39 and 36, P4B, NA33 and CSUL3 were for presenting high-capacity for combinatorial character resistance. Only the clones SCA 12 and SCA6 and progeny CSUL3 x SCA6, presented dry weight less than 1 g seed, being considered desirable for this character of production values above 1 g. So, if showed highly promising: RB36 x CHUAO120 with

weight of 1,43g RB36 x ICS1 with 1,35 g and RB36 x CA5 with 1,32 g. Among the 15 clone progeny tested only, which is a 195 CP selection within the family F₁ TSH1188 x CCN51 cross, proved to be susceptible, although the average percentage of infection in plants inoculated with the entire experiment was relatively low (6,3 %). Progeny clones from eight CP 84, 149, 421, 302, 306, 300, 309 and 431 showed infection levels below the average of the experiment, demonstrating the effectiveness of selection for resistance when materials with different resistance-to-broomstick witch were intercrossed. Evidence of the great genetic diversity among the families studied and identified parents with high general combining ability.

Keywords: *Theobroma cacao*; *Moniliophthora perniciosa*; genetic improvement; morphological characterization.

LISTA DE FIGURAS

PÁGINA

CAPÍTULO 1

Figura 1. Processo de avaliação das características de frutos e sementes das progênes em estudo. A) Frutos ensacados e identificados em campo; B) Disposição dos frutos no laboratório; C) Pesagem de um fruto; D) Avaliação do tamanho do fruto; E) Contagem de sementes; F e G) Retirada da mucilagem das sementes e H) Pesagem da amêndoa seca.....**23**

Figura 2. Número médio corrigido de vassouras vegetativas por planta de oito progênes de cacauero do campo 13, situado no CEPEC/CEPLAC, durante os anos de 2000 a 2011..... **27**

CAPÍTULO 2

Figura 1. Inoculação das plântulas das progênes de cacauero avaliadas com *Moniliophthora perniciosa*, 30 dias após o plantio. **a)** Inoculação manual com micropipeta; **b)** Plântulas no interior da câmara úmida após a inoculação.....**49**

Figura 2. Sintomas de vassoura-de-bruxa, quatro semanas após a inoculação: A- vassoura cotiledonar, com encurvamento do caule da plântula em função do intumescimento e alongamento acima do nó cotiledonar; B- vassoura terminal, com intumescimento da gema terminal e formação posterior da vassoura axilar.....**52**

Figura 3. Infecção por *Moniliophthora perniciosa* em diferentes clones, 60 dias após a inoculação (1×10^5 basidiósporos mL^{-1}).....**54**

LISTA DE TABELAS

PÁGINA

CAPÍTULO 1

- Tabela 1. Número médio de vassouras vegetativas por planta em 22 progênies de cacauero avaliadas em campo durante os anos de 2000-2011, Ceplac/Cepec, Ilhéus, BA.....**26**
- Tabela 2. Valores de probabilidade de erro para a rejeição da hipótese de nulidade de contrastes entre as médias das progênies estudadas e as da progênie Scavina6**28**
- Tabela 3. Análises de variância conjunta (quadrados médios) e médias da caracterização morfométrica de frutos e de sementes, obtidas de um ensaio de campo com cruzamentos de cacauero no ano de 2011, Ceplac/Cepec, Ilhéus, BA**29**
- Tabela 4. Médias de cinco caracteres morfológicos de frutos e sementes de 18 progênies de cacauero. Ceplac/Cepec, Ilhéus, BA, 2011.....**32**
- Tabela 5. Contrastos entre as progênies de cacauero avaliadas quanto aos cinco critérios morfológicos de frutos e sementes. No eixo vertical encontram-se todas as progênies e no horizontal apenas as dos cruzamentos que apresentaram diferenças significativas para

algum dos caracteres, sendo eliminados os demais. Ceplac/Cepec, Ilhéus, BA.....33

CAPÍTULO 2

Tabela 1. Origem dos clones da série CP..... 47

Tabela 2. Análise de variância dos clones em relação à resistência à vassoura-de-bruxa, considerando conjuntamente as duas épocas (outubro/2011 janeiro/2012).....52

Tabela 3. Porcentagem de plântulas com sintomas de vassoura-de-bruxa por progênie dos 15 clones avaliados, 60 dias após a inoculação com *Moniliophthora perniciosa*.....53

1.INTRODUÇÃO

O cacauieiro (*Theobroma cacao* L.) é uma espécie de porte arbóreo, pertencente à família Malvaceae, típica de clima tropical e nativa de floresta úmida da América, onde vegeta em ambiente de sub-bosque (ALVERSON et al., 1999; APG II, 2003). Além de representar uma importante fonte de renda para os produtores, a cultura do cacauieiro possui caráter conservacionista, em função da sua associação com árvores nativas nas regiões da Mata Atlântica e Amazônia, no chamado sistema cabruca. Sua eficiência na conservação de espécies e sua sustentabilidade classificam esse sistema como uma das atividades agrícolas tropicais que melhor compatibilizam o desenvolvimento sócio-econômico com a conservação ambiental (VAN BELLE et al., 2003).

A sua importância econômica é traduzida pelo consumo de chocolate e confeitados sob as mais variadas formas, por todo o mundo, e também pela utilização da manteiga de cacau nas indústrias farmacêuticas e de cosméticos. O mel do cacau, extraído da polpa de suas sementes, pode ser utilizado na fabricação de vinho, vinagre, licores e geléias de boa qualidade (MENEZES & CARMO-NETO, 1993).

O cacauieiro foi introduzido no sul da Bahia em 1746, encontrando condições edafoclimáticas semelhante as da sua região de origem, que favoreceram seu estabelecimento e produção (ANDRADE, 2003). Uma vez estabelecido na região, o cacauieiro trouxe prosperidade aos produtores e tornou-se um elemento indissociável de sua história. Na trilha do cacau, abriram-se caminhos, fundaram-se cidades, moldou-se uma cultura, criando uma identidade entre os habitantes da região (BUENO, 2001).

A segunda metade do século XX é marcada por crescimento acelerado da atividade na região sul da Bahia em função de um cenário nacional e internacional favorável. Nessa época, o cacau foi denominado de cultura de “ouro”, atraindo para a região capital tanto nacional

como de multinacionais, especialmente para o setor de processamento de amêndoas (GOMES et al., 2006).

Essa espécie é suscetível a diversas doenças, sendo que, no Brasil, a vassoura-de-bruxa, se constitui hoje no principal problema fitopatológico do cacauero (PEREIRA et al., 1989). A doença foi constatada pela primeira vez na Bahia, em 1989, e ao encontrar condições climáticas propícias, disseminou-se rapidamente, atingindo proporções epidêmicas e ocasionando redução na produção da ordem de 75% (OLIVEIRA & LUZ, 2012).

O controle da vassoura-de-bruxa envolve o uso integrado de técnicas culturais, aplicação de fungicidas e de produtos biológicos, como o Tricovab e principalmente o uso de cultivares resistente (LUZ et al., 1997; OLIVEIRA & LUZ, 2005). Todas estas medidas tendem a baixar o potencial de inóculo nas áreas agrícolas e a favorecer os efeitos da adubação e de outras práticas culturais que viabilizem a sustentabilidade da cultura do cacau no Estado. Os conhecimentos sobre a epidemiologia da doença nas diversas regiões, bem como da biologia do fungo, da interação patógeno x hospedeiro, têm facilitado o controle da doença nas principais regiões produtoras do Brasil (OLIVEIRA & LUZ, 2005). O uso de alguns clones, com diferentes níveis de resistência, em associação a outras práticas do manejo integrado da vassoura-de-bruxa, tem possibilitado avanços na recuperação da lavoura cacauera sul baiana (LUZ et al., 2005).

Em conseqüência da demanda por variedades resistentes às doenças, para atender o programa de renovação das lavouras cacaueras baianas, populações-base começaram a ser desenvolvidas no Centro de Pesquisas do Cacau (Cepec), visando dar o devido suporte ao programa de seleção clonal. O objetivo dessas populações é combinar seleções que representem fontes distintas de resistência, bem como, associar outros caracteres agronômicos desejáveis (MONTEIRO & ANHERT, 2012). Assim, dois tipos de populações-base foram desenvolvidos: populações geneticamente não estruturadas (sintéticas) e as estruturadas. No primeiro caso, as populações foram formadas a partir de autofecundações de clones, retrocruzamentos e cruzamentos complexos tendo por base o material botânico disponível nas áreas experimentais de híbridos de cacauero (MONTEIRO & ANHERT, 2012). Quanto as populações-base estruturadas, têm sido geradas segundo um desenho genético tradicionalmente conhecido por Carolina do Norte II (PIRES et al., 1999). Com isso, a obtenção de novas fontes de resistência a *Moniliophthora perniciosa*, o acúmulo de genes de resistência, bem como a associação de caracteres agronômicos desejáveis, têm sido os

principais objetivos do Programa de Melhoramento do Cacaueiro - PMGC (MONTEIRO & ANHERT, 2012).

Os clones Scavina e seus descendentes são materiais muito utilizados pelo Programa de Melhoramento Genético do Cacaueiro (PMGC) do CEPEC e, na região Sul da Bahia, têm demonstrado um aumento da suscetibilidade à *M. pernicioso* (PAIM et al., 2006; ALBUQUERQUE, 2006), o que acelerou ainda mais as pesquisas para encontrar e combinar novas fontes de resistência a este patógeno.

Dessa maneira, o presente trabalho objetivou: i) selecionar progênies resistentes à vassoura-de-bruxa, ii) selecionar progenitores com alta capacidade geral de combinação para genes de resistência existentes em população-base estruturada e não-estruturada e iii) selecionar progênies produtivas em população-base estruturada a partir de características morfológicas de frutos e de sementes.

2.REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Cacaueiro: origem, dispersão e aspectos econômicos

O cacaueiro (*Theobroma cacao* L.) é uma planta umbrófila de porte arbóreo e perene, pertencente à família das Malváceas, gênero *Theobroma* (ALVERSON et al., 1999; APG II, 2003). Esta espécie é a mais importante economicamente dentre as 22 que compreendem o gênero *Theobroma* (COPE, 1976). Foi citado pela primeira vez em 1605 por Charles de L'Écluse que o denominou *Cacao fructus*. Em 1737, foi descrito por Carl Linnaeus como *Theobroma fructus*, sendo que essa classificação permaneceu até 1753, quando foi definitivamente designado como *Theobroma cacao*.

A ocorrência do cacaueiro se dá de forma espontânea desde o sul do México até a Bolívia e nas margens dos rios da Floresta Amazônica. Acredita-se que teve sua origem no Alto Amazonas, na confluência dos rios Solimões, Putamaio e Caquetá. Em condições espontâneas o cacaueiro é encontrado no estrato inferior das florestas, em clareiras e beirando os grandes rios, onde predominam condições de temperatura e umidades elevadas, típicas das regiões tropicais (CHEESMAN, 1944; CUATRECASAS, 1964; BARTLEY, 2005).

Sob o ponto de vista econômico, a cultura do cacau é mundialmente importante não apenas para a produção de chocolate, mas para outros ramos da indústria, como de cosméticos e farmacêuticos, geleias, sucos e licores obtidos através do processamento da polpa do fruto de cacaueiro. A Costa do Marfim é líder na produção mundial de cacau, com 35%, seguida de Gana, com 24%. Na sequência vem a Indonésia, Nigéria, República dos Camarões e Brasil. O Brasil, que há três décadas foi o maior produtor de cacau do planeta, hoje é responsável por apenas 5% das amêndoas colhidas, revezando-se com o Equador na sexta colocação. Os principais países consumidores de cacau são os Estados Unidos, com 689 mil t, seguidos pela Alemanha, França e Reino Unido. O Brasil consome 98 mil t de cacau por ano (ICCO, 2011).

No Brasil, o cacau é importante fonte de divisas agrícolas nos estados de Rondônia, Amazonas, Pará, Mato Grosso, Espírito Santo e Bahia, sendo esse último, ainda, o responsável pela maior produção no país. Na safra de 1984/1985 o Brasil foi o segundo maior produtor mundial de amêndoas, produzindo aproximadamente 400 000 t, e no ano de 2000, a produção caiu para 210 000 t. Assim, a partir de 1997, o Brasil passou a importar o produto (FAO, 2002). O principal fator responsável pela queda nas produções foi o surgimento da vassoura-de-bruxa, a mais prejudicial enfermidade do cacauzeiro, constatada em 1989 na região Sul da Bahia (PEREIRA et al., 1989).

2.2 Características de frutos e de sementes

Para fins didáticos e de melhoramento genético, a espécie *Theobroma cacao* foi agrupada em três grandes grupos: o Crioulo, cultivado na Venezuela, na Colômbia, no Equador, no norte da América Central e no México; o Forasteiro, no norte do Brasil e nas Guianas, que se subdivide em Baixo e Alto Amazônico, dependendo da origem do material. O terceiro grupo, denominado Trinitário, também é apresentado por alguns autores como originário de um cruzamento natural entre Crioulo e Forasteiro. A maior parte (85%) da produção mundial de cacau provém do grupo Forasteiro, sendo este predominante também nas plantações brasileiras (CHEESMAN, 1944).

Alguns cacauzeiros pertencentes ao grupo dos Crioulos apresentam cacau de excelente qualidade organoléptica, enquanto que os tipos Amazônicos são conhecidos por serem mais resistentes às principais pragas e doenças. Os cacauzeiros do tipo Comum (cacau Comum, Pará, Parazinho e Maranhão), ainda encontrados nas plantações da Bahia, são do tipo Baixo Amazônico. Existem também plantações de cacauzeiros híbridos ou mistura de tipos híbridos e comuns, em que são encontradas plantas com ascendência de Crioulos, Trinitários e Amazônicos, que possuem uma ampla variabilidade de formas, tamanhos, cor e número de sementes por frutos (MONTEIRO & ANHERT, 2012).

A partir da Amazônia, o cacauzeiro foi levado para a África, através das ilhas de São Tomé, Príncipe e Fernando Pó, expandindo assim seu cultivo em diversos países, como Gana, Nigéria, Costa do Marfim e Camarões. Oficialmente o cultivo comercial no Brasil teve início apenas em 1679 (RANGEL, 1982). Entretanto, somente em 1746 chegou ao Sul da Bahia, a partir de sementes trazidas do Pará e plantadas na Fazenda Cubículo, às margens do Rio Pardo, no atual município de Canavieiras. Em 1752, seu cultivo expandiu-se para a região de

Ilhéus e, posteriormente, para outros municípios do Sul da Bahia, onde o cacaueteiro encontrou um habitat perfeito para o seu desenvolvimento em harmonia com outras espécies frutíferas silvestres e árvores de grande porte (BASTOS, 1990). A partir de então, a cacauicultura firmou-se como um importante fator da base econômica e do desenvolvimento regional.

O cacaueteiro possui ampla variabilidade genética para a maioria dos caracteres, especialmente para o tamanho, forma e cor dos frutos e das sementes, resistência a doenças e pragas, vigor, tamanho da árvore, etc. A forma dos frutos pode variar de arredondada a alongada com diversidade no comprimento e peso que varia de 100 a 2000 g. A cor dos frutos varia de verde a vermelho quando jovens, e de amarelos a alaranjados quando maduros. (BARTLEY, 2005).

A cor das sementes varia de branca ao roxo intenso, passando por gradientes de coloração conforme a intensidade de antocianina, e seu peso, quando secas, variam de 0,5 a 5,0 g (BARTLEY, 2005). O número de sementes por fruto é variável, podendo chegar a 60 ou mais, sendo esta uma característica importante na determinação de diversos componentes relacionados com a produção (DIAS, 2001). É um componente muito variável, e depende diretamente do número de óvulos e do percentual de fertilização (ENGELS, 1987).

2.4. Vassoura-de-Bruxa do Cacaueteiro

É considerada uma das mais importantes doenças do cacaueteiro, tendo sido mencionada oficialmente, pela primeira vez, em 1904 (WENT, 1904) relatando sua ocorrência em 1895, no Suriname (GRIFFITH et al.,1994).Ocorre de forma endêmica na região Amazônica e sua presença foi constatada em diversos países das Américas do Sul e Central como: Bolívia, Colômbia, Equador, Guiana, Granada, Peru, Suriname, Venezuela, Trinidad e Tobago (OLIVEIRA & LUZ, 2005). Em alguns casos o ataque é tão severo que chega a dizimar as plantações (ALBUQUERQUE et al., 2005).

No Brasil, a doença é conhecida desde 1898 na Região Amazônica, no entanto, de acordo com Silva (1987), sob o nome de lagartão, a mesma enfermidade teria sido relatada em 1785, por Alexandre Rodrigues Ferreira, em cultivos de colonos portugueses na Amazônia brasileira. No entanto, oficialmente, somente em 1920, Stahel detectou a doença na região do rio Tapajós na Amazônia Brasileira, sugerindo que a doença estava alastrada por toda a região. De acordo com Silva et al. (2002), a hipótese do alastramento da doença foi confirmada por Pound (1938).

O primeiro registro no Estado da Bahia foi em 1989, constituindo-se um verdadeiro desastre para a produção cacaueteira do Estado, que correspondia a cerca de 84,5% da produção nacional e 15% da mundial (KIMATI et al.,1995). A doença foi registrada inicialmente no município de Uruçuca (PEREIRA et al., 1989) e logo em seguida em Camacã, estando disseminada, atualmente, em toda a região cacaueteira da Bahia, já tendo sido detectada, inclusive, no estado do Espírito Santo (OLIVEIRA & LUZ, 2005).

2.4.1. Etiologia e Sintomatologia

O agente causal da vassoura-de-bruxa é um fungo Basidiomycota, da ordem Agaricales, pertencente à família Thicholomataceae, primeiramente nomeado como *Marasmius perniciosus*, em 1915 por Stahel, sendo reclassificado por Singer em 1942 como *Crinipellis perniciosus* (Stahel) Singer (GRIFFITH et al.,1994), e posteriormente renomeado como *Moniliophthora perniciosus* (AIME & PHILLIPS-MORA, 2005).

É um patógeno hemibiotrófico, que ataca tecidos meristemáticos em sua fase biotrófica, crescendo posteriormente de forma saprofítica em tecidos mortos, para produzir os basidiomas. Os basidiomas, produzidos tanto sobre vassouras secas quanto sobre frutos infectados, após a alternância de períodos secos e úmidos (ROCHA & WHEELER, 1982), constituem-se em fontes primárias de inóculo, liberando basidiósporos, que são as principais unidades infectivas do patógeno (BASTOS, 1986), sendo produzidos em lamelas localizadas na parte inferior do píleo do basidioma (PURDY & SCHMIDT, 1996).

Os basidiósporos liberados pelos basidiomas germinam e penetram os tecidos da planta hospedeira induzindo sintomas em gemas vegetativas, almofadas florais, flores e frutos. Nos ramos, a doença se manifesta inicialmente como um inchaço seguido pela emissão acentuada de brotos laterais, induzindo a formação de vassouras vegetativas consideradas o sintoma típico da doença. Nas almofadas florais infectadas ocorre a formação de flores hipertrofiadas, vassouras e frutos partenocárpicos denominados “morangos”, que não evoluem em tamanho. Nos frutos infectados, após duas semanas de idade, os sintomas característicos são lesões circulares de coloração negra, formadas na superfície externa dos mesmos e sementes totalmente necrosadas, fortemente aderidas umas as outras e sem valor para comercialização (BASTOS, 1990).

2.4.2. Ciclo da Doença

O ciclo de vida de *M. pernicioso* inicia-se com a produção de basidiomas, sempre em tecidos mortos, isto ocorre de 8-12 semanas após o início da estação chuvosa. As esporulações do fungo, caracterizada pela produção de basidiomas, pode ocorrer igualmente nas duas safras, não obstante, a doença ser considerada monocíclica (TOVAR, 1991), ou seja, basidiósporos produzidos em uma estação só iniciam novas infecções na próxima (LUZ et al., 2006). A produção de basidiomas é contínua durante a estação, uma vez que vassouras mortas podem permanecer nas árvores por mais de um ano. Nesta situação, o promicélio do fungo é capaz de penetrar em tecidos maduros e desenvolver o micélio, que permanece em estágio de dormência até a emissão de novos tecidos (LUZ et al., 1997).

Tecidos meristemáticos em desenvolvimento, principalmente em lançamentos, são os principais alvos para início de novas infecções. No sul da Bahia, os picos de lançamentos foliares ocorrem de janeiro a março e entre setembro e outubro, podendo variar, naturalmente, em função das condições ambientais. A planta apresenta apenas poucas semanas de repouso durante o período mais frio do ano, entre os meses de julho e agosto, no qual as almofadas florais exibem também baixa atividade. Na Bahia, os picos de produção de vassouras vegetativas são registrados, em média, quatro semanas após os picos de lançamentos foliares, apesar de o cacauete efetuar lançamentos durante quase todo ano. (LUZ et al., 2006)

De acordo com Costa (1993), a dispersão dos basidiósporos se dá principalmente pelo vento. A altura em que o basidioma é produzido é muito importante no progresso da doença. Nas condições da Amazônia Brasileira as vassouras localizadas na copa são as principais fontes de inóculo enquanto aquelas na superfície do solo produzem poucos basidiomas e com menor chance do basidiósporo atingir os órgãos suscetíveis (ANDEBRHAN, 1981). Os casqueiros também se constituem importantes fontes de inóculo (NIELLA, 1997).

A penetração do basidiósporo pode ocorrer através de estômatos, ferimentos ou de forma direta. Após a penetração, o patógeno se comporta como biotrófico, crescendo intercelularmente e o seu desenvolvimento causa uma desordem fisiológica no hospedeiro, interferindo provavelmente no balanço hormonal, resultando em hipertrofia e hiperplasia das células. Nos ramos a hipertrofia é acompanhada de brotação intensa de gemas laterais, dando a característica de vassoura. Os brotos infectados apresentam diâmetro cerca de três vezes

maior que os sádios, com entrenós curtos e folhas geralmente grandes, curvadas e retorcidas (BAKER & CROWDY, 1943).

O fungo permanece na fase primária por um período de 4 a 6 semanas (GRIFFITH & HEDGER, 1993) no interior das vassouras, quando então ocorre a necrose dos tecidos do hospedeiro. Esta mudança é associada à dicarionização do fungo e leva a outra fase, denominada fase secundária ou saprofítica (MUSE et al., 1996). Existem duas hipóteses para a morte da vassoura: a primeira seria que as células morreriam em consequência da infecção primária, induzindo a dicarionização do fungo e, assim, à fase saprofítica (ORCHARD et al., 1994), ou como sugerido por Evans (1980), a dicarionização ocorreria primeiro, resultando na fase saprofítica, e, posteriormente, na morte da vassoura.

Em locais secos com estação seca definida, o patógeno sobrevive dormente nas vassouras secas e frutos mumificados até o início da estação chuvosa, quando basidiomas são formados (BAKER & CROWDY, 1943). Em locais com chuvas bem distribuídas, como no sudeste do Estado da Bahia, basidiomas podem ser formados ao longo do ano (LUZ et al., 1997).

2.4.3. Métodos de Controle

O patossistema cacaueteiro x vassoura-de-bruxa é bastante complexo, o que dificulta uma recomendação padrão para controlar a doença. Devem ser levados em consideração o nível de infecção e as questões econômicas, que incluem entre outros fatores, custos, intensidade de manejo, tamanho da fazenda e preço das amêndoas de cacau (PURDY & SCHMIDT, 1996).

O manejo integrado tem como objetivo associar todos os meios de controle disponíveis (cultural, químico, biológico, genético e outros), de maneira que o custo do controle seja reduzido permitindo um cultivo economicamente rentável. Os maiores benefícios do manejo integrado são seus efeitos acumulativos, em que, através do emprego de combinações de diferentes métodos de controle, cada um deles com diferentes modos de ação, reduzem progressivamente a possibilidade do desenvolvimento da doença (PEREIRA & VALLE, 2012).

O controle biológico é uma alternativa viável no manejo da doença. A utilização de microorganismos antagônicos envolvendo diferentes mecanismos de ação como competição, antibiose e hiperparasitismo, poderia desempenhar importante papel em um programa de

manejo integrado da doença envolvendo, adicionalmente, resistência, controle químico e cultural (OLIVEIRA & LUZ, 2005).

Espécies do gênero *Trichoderma* são efetivas como Agentes de Controle Biológico para diversos fitopatógenos, podendo reduzir consideravelmente o uso de fungicidas químicos na agricultura (LOGUERCIO et al., 2012). Em 1995, um isolado de *T. stromaticum*, identificado como TVC, foi avaliado em nível de campo no CEPEC, na Bahia, como mais uma alternativa para o controle da vassoura-de-bruxa. Posteriormente, em 1999, foi inaugurada a Unidade de Biocontrole da CEPLAC, no CEPEC, onde o *T. stromaticum* é produzido em escala sob nome comercial Tricovab (BEZERRA et al., 2000). Atualmente a aplicação do Tricovab é recomendada pela CEPLAC como componente do controle integrado da doença.

A poda fitossanitária só é efetiva quando realizada regulamente de forma intensiva (ANDEBRHAN, 1985). Foi inicialmente recomendada por Stahel, em 1915, e ainda permanece como uma medida efetivamente utilizada no controle da doença, a despeito de aumentar sobremaneira os custos de produção (OLIVEIRA & LUZ, 2005). A época e o número de remoções são em função das condições climáticas de cada região. Na Amazônia, por exemplo, são requeridas, basicamente, duas remoções, uma na estação seca e a outra antes do período chuvoso. Na Bahia, apesar de serem recomendadas quatro remoções, normalmente, nos meses de fevereiro, maio, agosto e novembro, nos casos dos materiais safreiros tradicionais, tal número poderia ser reduzido para apenas três, ou até mesmo duas remoções, nos meses de março/abril, julho/agosto e outubro/novembro, quando se tratasse principalmente dos clones com resistência a vassoura-de-bruxa (OLIVEIRA & LUZ, 2005).

No Brasil, fungicidas do grupo dos triazóis têm se destacado não só em ensaios de laboratório e casa-de-vegetação como também e, principalmente, em condições de campo (OLIVEIRA, 2000). Em uma série de experimentos realizados na região cacaueteira da Bahia, o fungicida tebuconazole foi aquele que apresentou os melhores resultados, o que motivou sua recomendação no controle da vassoura-de-bruxa tanto em viveiros quanto em campo (OLIVEIRA, 2004 a). Outro grupo de fungicidas que tem apresentado eficiência contra a vassoura-de-bruxa é o das estrobilinas, com destaque para a azoxystrobina (OLIVEIRA, 2004 b).

A resistência à doença é o principal componente de um sistema de manejo da vassoura-de-bruxa. Nesse sentido, o Cepec tem desenvolvido vários programas focados na

gestão integrada da doença, que incluem a melhoria do nível de resistência e durabilidade das novas variedades comerciais (SILVA et al., 2010).

2.5. Melhoramento Genético do Cacaueiro

O primeiro programa de melhoramento do cacaueiro visando à obtenção de genótipos resistentes a *M. perniciosa* foi iniciado no Equador em 1918, através de seleção massal de plântulas originadas de árvores selecionadas sem sintomas conhecidas como ‘refractarias’ (BARTLEY, 1986). A resistência também foi avaliada em cultivos comerciais em Trinidad na década de 1930, mas apenas pequenas variações na reação à infecção foram detectadas (BAKER & HOLLIDAY, 1957). Na busca de materiais com resistência, cacaueiros silvestres foram coletados no vale Amazônico por via seminal em 1938, e por via clonal em 1942 (POUND, 1938). Esses materiais foram enviados para Trinidad, onde foram avaliados para resistência à *M. perniciosa*.

Os primeiros trabalhos de melhoramento no Brasil ocorreram na década de 1940, no Instituto de Cacau da Bahia na Estação Experimental de Uruçuca, com a seleção de plantas individuais dentro da população de cacaueiros comuns da Bahia. A seleção foi feita em fazendas com base na avaliação da produção, realizada durante certo número de anos, originando as seleções da série SIC (Seleção Instituto do Cacau) (PINTO et al., 1969). Na década de 1950, trabalhos realizados nas estações experimentais de Jussari (Jussari, BA) e Goitacazes (Linhares, ES), deram origem às seleções das séries SIAL (Seleção Instituto Agrônômico do Leste) e EEG (Estação Experimental de Goitacazes) (MONTEIRO & ANHERT, 2012).

A partir de 1965, a CEPLAC também realizou diversas expedições botânicas na região amazônica com o objetivo de reunir a maior quantidade de diferentes genótipos de cacau e espécies afins com resistência à vassoura-de-bruxa. Esses trabalhos de coleta foram intensificados a partir de 1976. Na década de 90, passou-se também a realizar prospecções para coleta de materiais resistentes nas populações de cacaueiros das fazendas, formadas basicamente de variedades híbridas distribuídas pela CEPLAC (MONTEIRO & ANHERT, 2012).

As primeiras variedades seminais e clonais recomendadas pela CEPLAC derivam originalmente de combinações híbridas desenvolvidas em programas de melhoramento em países vizinhos, que há tempos convivem com esta enfermidade. Desde a década de 1960,

muitos desses clones foram introduzidos na Bahia para dar suporte ao programa de melhoramento de variedades locais. Muitas destas variedades foram originalmente selecionadas por apresentarem características importantes, como resistência a doenças (especialmente a vassoura-de-bruxa e podridão-parda), alta produção e qualidade de sementes (MONTEIRO et al., 2012).

Em 1992, foi estabelecido um projeto de *screening* utilizando um sistema automatizado de inoculação/ incubação adaptado por Frias (1987) do patossistema ferrugem fusiforme x *Pinus* na Carolina do Norte, para a vassoura-de-bruxa do cacauero. Este sistema, montado no CEPEC e adequado as condições da Bahia (SILVA et al., 1999), iniciou a triagem de progênies de polinização aberta tanto de materiais do BAG CEPEC, como de seleções provenientes de fazendas da região (série VB) e de materiais da Amazônia Brasileira.

Com base nas indicações do projeto *screening* e de outras avaliações no campo, nos inúmeros ensaios do programa de melhoramento, foi possível a distribuição, em etapas, de materiais com resistência à vassoura-de-bruxa. Em conjunto, estudos ao nível de DNA, visando informações sobre as distâncias genéticas entre estas fontes também estão auxiliando o direcionamento de cruzamentos que visam à associação de genes de resistência (PIRES et al., 1996; PINTO & PIRES, 1998).

Alguns dos produtos gerados nas diferentes etapas do PMGC do CEPEC visando obter cultivares com acúmulo de genes de resistência à vassoura-de-bruxa, associados à produtividade foram testados neste trabalho visando oferecer uma pequena contribuição ao grande esforço que está sendo feito para que o agronegócio cacau volte a ser uma das principais fontes de divisa nacionais e com o merecido destaque no cenário mundial.

3.CAPÍTULO 1

CARACTERIZAÇÃO DE PROGÊNIAS DE CACAUEIRO PARA PRODUTIVIDADE E RESISTÊNCIA À INFECÇÃO NATURAL POR *Moniliophthora perniciosa*

RESUMO

O principal fator limitante para a produção de cacau são as doenças e, dentre elas, a vassoura-de-bruxa (VB) se destaca como a mais importante no Brasil. Desde a sua constatação no sul da Bahia, em 1989, a busca por materiais resistentes e com boas características agronômicas se tornou o principal objetivo do Programa de Melhoramento Genético do Cacaueiro (PMGC). Esta pesquisa objetivou: i) selecionar progênies resistentes à *Moniliophthora perniciosa*; ii) selecionar progenitores com alta capacidade geral de combinação e iii) selecionar progênies de alta produtividade. Para isso, 22 progênies provenientes de uma população-base estruturada, plantadas na área experimental do CEPEC em Ilhéus, BA, em três blocos com 12 plantas cada, foram avaliadas durante 10 anos, quanto ao número médio de vassouras vegetativas/ano e, durante o ano de 2011, quanto aos caracteres: peso do fruto (PF), comprimento do fruto (COMP), quantidade de sementes por fruto (QSF), peso úmido das sementes por fruto (PUSF) e peso seco da amêndoa (PSA). Houve diferenças das progênies em relação ao número médio de vassouras por planta durante os anos de avaliação, com destaque para as progênies NA33 x RB39 e P4B x RB39, que mantiveram a resistência ao longo dos 10 anos, enquanto as progênies de Scavina 6 (SCA6) e dos seus descendentes mostraram, a partir de 2006, aumento acentuado no número de VB por planta. Apenas os clones SCA12, SCA6 e a progênie CSUL3 x SCA6, apresentaram peso seco de semente inferior a 1 g, sendo considerados desejável para esse caráter de produção, valores acima de 1g. Assim, se mostraram altamente promissoras: RB36 x CHUAO120 com

peso de 1,43g, RB36 x ICS1 com 1,35g e RB36 x CA5 com 1,32g. Há, portanto, grande diversidade genética entre as progênies estudadas demonstrando que os clones RB39 e 36, P4B, NA33 e CSUL3 destacaram-se por apresentar alta capacidade combinatória para o caráter resistência.

Palavras-chave: *Theobroma cacao*; caracterização morfológica; resistência; vassoura-de-bruxa.

CHARACTERIZATION OF PROGENIES OF CACAO FOR PRODUCTIVITY AND RESISTANCE TO NATURAL INFECTION BY *Moniliophthora perniciosa*

ABSTRACT

One of the main limiting factors for cocoa production are diseases and, among them, the witches' broom (VB) stands out as the most important in Brazil. Since its discovery in southern Bahia, in 1989, the search for resistant materials with good agronomic characteristics and became the main objective of the Program for Genetic Improvement of Cocoa (PMGC). This study aimed to: i) selecting progeny resistant *Moniliophthora perniciosa* ii) select parents with high general combining ability and iii) selecting progeny of high productivity. For this, 22 progenies from a population-based structured, were evaluated for 10 years for the average number of vegetative brooms / year and only in the year 2011, for the characters: fruit weight (PF), fruit length (COMP), number of seeds (QSF), wet weight of seeds (PUS) and dry weight of the almond (PSA). These progenies were established in an experimental area in Cepec, Ilhéus, BA, in three blocks in plots of 12 plants. There were differences in the progeny of the average number of brooms per plant during the years of assessment, highlighting the progenies NA33 x RB39 and RB39 x P4B, who maintained resistance over the 10 years, while the progeny of Scavina 6 (SCA6) and their offspring showed, from 2006, marked increase in the number of VB per plant. Only clones SCA12, SCA6 and progeny CSUL3 x SCA6 showed dry weight of less than 1 g almond and are considered desirable for this production character, values above 1g. So were highly promising: RB36 x CHUAO120 weighing 1,43 g, ICS1 x RB36 with 1,35 g and RB36 x CA5 with 1,32 g. Therefore, there is great genetic diversity among the families studied demonstrating that clones RB39 and 36, P4B, NA33 and CSUL3 stood out for having high character combining ability for resistance.

Keywords: *Theobroma cacao*; morphological characterization; resistance; witches' broom.

3.1.INTRODUÇÃO

Em todo o mundo a cultura do cacau (*Theobroma cacao*) envolve aproximadamente dois milhões de produtores em mais de 50 países (KNIGHT, 2000). Cerca de 70% da produção mundial é oriunda de países do continente Africano e 30% do Sudoeste da Ásia e Américas do Sul e Central (GUYTON, 2006).

O Brasil alcançou a posição de 2º maior país exportador de cacau, sendo a Bahia líder da produção nacional, entre 1976 e 1987. O agronegócio cacau obteve avanços que culminaram na consolidação de um complexo agroindustrial exportador, reconhecido como o mais moderno entre os países produtores de cacau. Nessa fase, implantou-se no sul do estado da Bahia, o maior parque processador de amêndoas de cacau, superando inclusive a capacidade de moagem dos Estados Unidos, Holanda, Alemanha e Rússia (MENEZES & CARMO NETO, 1993).

Entretanto, no ano de 1989, a doença vassoura-de-bruxa foi constatada na região cacauera do Sul da Bahia e ao encontrar condições ambientais extremamente favoráveis, disseminou-se rapidamente, atingindo proporções epidêmicas e causando, em curto espaço de tempo, problemas sociais profundos e um virtual colapso na economia regional (OLIVEIRA & LUZ, 2005).

A vassoura-de-bruxa, juntamente com fatores estruturais e conjunturais (preço baixo no mercado interno, custo de produção elevado, defasagem do câmbio e falta de financiamento), reduziu a contribuição da produção de cacau brasileira no mercado mundial de 15 % para 4,3 %, entre os anos de 1989 e 1998 (PERES FILHO, 1998), transformando o Brasil, um país tipicamente exportador, em importador de cacau. Atualmente o Brasil é o sexto principal produtor, participando com 4,4 % da produção mundial de cacau (ICCO, 2009).

Após a introdução da vassoura-de-bruxa na Bahia, o Centro de Pesquisas do Cacau da Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (Ceplac/Cepec) buscou ofertar aos produtores variedades de cacau resistentes a esta doença, mais competitivas agronomicamente superiores às até então cultivadas na região utilizando as reservas dos bancos de germoplasma da Bahia, que continham clones introduzidos de outros países, principalmente de Trinidad e Costa Rica, bem como da Amazônia (SUEPA/Ceplac), com materiais coletados em mais de 30 bacias hidrográficas da região norte a partir de cacaueiros silvestres e domesticados (MONTEIRO & AHNERT, 2012).

A princípio, a única fonte de resistência disponível eram os clones Scavina e seus descendentes que foram utilizados pelo PMGC, embora sabendo que o comportamento destes clones era variável em outras regiões. Nos primeiros anos do presente século, foram detectadas variações do patógeno na população da Bahia, evidenciando a necessidade de ampliar ainda mais as fontes de resistência dentro do programa de melhoramento (PIRES, 2003; GRAMACHO et al., 2005). Assim, a utilização de genótipos que comportassem um número maior de diferentes genes ligados à resistência passou a ser a estratégia fundamental para a obtenção de uma resistência mais durável (PINTO & PIRES, 1998).

Até o momento, processos de seleção recorrente foram realizados no CEPEC, utilizando populações produzidas através do delineamento Carolina do Norte II (COMSTOCK & ROBINSON, 1952), com três tipos básicos: população A, obtida por cruzamentos entre os materiais do alto Amazonas (CHEESMAN, 1944), e projetado principalmente para a seleção de genitores da próxima geração, visando não só a resistência à vassoura-de-bruxa, como também o teor de gordura e a capacidade de combinação com os progenitores da população B; População B, composta de cruzamento entre Baixo Amazônicos e Trinitários, também projetados para a seleção de genitores baseada principalmente em características de frutos e sementes, produção e capacidade de combinação com os genitores da população A; e a população AB compreendendo cruzamentos entre Alto Amazônico e Baixo Amazônico, para exploração da heterose, obtido pela combinação de materiais distantes geneticamente e também para adição de características interessantes, que visam à seleção de clones e progênies para plantio comercial (PIRES et al., 1999).

Estas populações-base do tipo estruturada foram geradas no Cepec a partir de 1997, em combinações que produziram as séries de indivíduos que foram testados através do *screening* para resistência a VB, inoculando-os artificialmente com 10^4 basidiósporos mL^{-1} . Mais de 60 progênies de cruzamentos foram assim avaliadas precocemente para resistência e

progenitores selecionados (SILVA et al., 2010). Aquelas plântulas que não apresentavam sintomas, foram transferidas para os campos experimentais e passaram a ser avaliadas a campo quanto à infecção natural por *M. perniciosa*.

No entanto, o melhoramento genético do cacauero, não visa apenas resistência à doenças, mas busca também obter genótipos com alta qualidade e produção de sementes para atender a demanda dos produtores a fim de aumentar o rendimento da cultura ampliando a produção de cacau seco (ATANDA & JACOB, 1975). Como este é um caráter de difícil detecção, a sua seleção pode ser feita por meio da avaliação de caracteres de mais fácil mensuração e que estejam correlacionados com este caráter. Vários caracteres, quando considerados isoladamente ou em combinação com outros, têm sido mencionados como importantes e ditos como suficientes para discriminar genótipos de cacau para rendimento (CARVALHO et al., 2001).

De acordo com Dias & Resende (2001), os conceitos de peso e tamanho de frutos e sementes em cacau se confundem e parecem refletir a mesma variação, embora peso pareça menos abrangente que tamanho. Entretanto, Soria (1978) afirma que o tamanho da semente e do fruto está entre os componentes de produção mais favoráveis para o melhoramento. O desenvolvimento de cultivares de cacau de alta produtividade é tarefa difícil considerando que a produção de amêndoas secas é um caráter complexo, fortemente influenciado pelo ambiente e, portanto, de natureza quantitativa, e gerado a partir de alguns componentes. Porém, em última instância, é o padrão da semente o componente de produção que permite definir a superioridade ou não do genótipo (URQUHART, 1963).

No presente trabalho, objetivou-se com base em uma população composta por 21 progênies que estão em avaliação desde 2000, sob condições de infecção natural por *M. perniciosa*, selecionar: i) progênies resistentes à VB; ii) progênies de alta produtividade; iii) clones com alta capacidade geral de combinação para resistência e outras características.

3.2.MATERIAL E MÉTODOS

A população de cacaveiro utilizada nesse estudo é composta por 22 progênes, plantadas por mudas seminais em maio de 1999, na Estação Experimental Arnaldo Medeiros (ESARM) do Centro de Pesquisas do Cacau da Ceplac, Ilhéus, BA. Dentre essas progênes, foram utilizadas como padrões, SCA6 e SCA12 como padrões de resistência, Theobahia, como de resistência intermediária e, como padrão de suscetibilidade, Catongo. Estas quatro progênes foram provenientes destes clones de polinização aberta

Além das quatro progênes mencionadas, outras 19 progênes foram avaliadas sendo provenientes dos cruzamentos: CEPEC86 x CEPEC89, CEPEC86 x SCA6, CSUL3 x CA5, CSUL3 x MOQ216, SCA6 x SIC813, RB36 x ICS1, RB36 x SCA6, RB3 x CHUAO120, NA33 x RB39, SIAL70 x CHUAO120, RB36 x CA5, RB36 x SCA12, CEPEC86 x CSUL7, ICS9 x OC67, CSUL3 x ICS1, P4B x EEG29, CSUL3 x SCA6, P4B x RB39, SGU26 x SCA6.

Estes cruzamentos foram delineados visando combinar fontes de resistência à VB e outros caracteres agrônômicos desejáveis. No campo, essas progênes foram plantadas no espaçamento 3,0 x 3,0 m, intercaladas com cacaveiros safreiros, já estabelecidos no mesmo espaçamento e, altamente infectadas por VB, para criar uma alta pressão de inóculo de *Moniliophthora perniciosa* na área, com a finalidade de expor o material genético à infecção natural.

Cada progênie foi plantada em três repetições (blocos) com 12 plantas cada, totalizando 36 plantas por progênie, mantidas no campo sob as mesmas condições. Para avaliação dessas progênes foram desenvolvidos dois diferentes experimentos.

3.2.1.Experimento 1: Avaliação à campo do comportamento de 22 progênes em relação à infecção natural por *Moniliophthora perniciosa*.

O experimento foi instalado no ano de 1999 após as plantas terem sido inoculadas artificialmente em casa-de-vegetação e não apresentarem sintomas da doença. A contagem do número de vassouras teve início no ano de 2000, um ano após o estabelecimento das plantas no campo, pois até então elas não haviam formado a copa. A quantificação do número de vassouras formadas em cada planta da progênie era realizada quando da retirada das mesmas. Inicialmente a contagem era feita mensalmente, desconsiderando o tipo de vassoura apresentado, e depois só nos períodos de remoção, quatro vezes ao ano. Esse trabalho prosseguiu até o ano de 2011, com exceção do ano de 2010 quando não houve avaliação, perfazendo 10 anos de dados tomados.

A variável considerada para análise foi o número médio de vassouras por planta/ ano, e cada ano de avaliação foi considerado como uma variável, usando-se da análise de variância multivariada para dados não balanceados (GLM- MANOVA), para o estudo dos efeitos de progênie e repetição dentro de progênes. Para a interpretação dos efeitos de ano e das interações progênes x ano, foi utilizada a metodologia de análise de medidas repetidas (GLM-REPETEAD). Todas as progênes estudadas foram comparadas através de contrastes com a de Scavina⁶, sendo este utilizado como padrão de resistência e ao mesmo tempo como diferenciador de genes de resistência. Para comparações de médias dos dados não balanceados utilizou-se o teste LSMEANS-Tukey e Kramer. Todos os procedimentos estatísticos foram realizados com o SAS (SAS INSTITUTE INC, 1988).

3.2.2.Experimento 2: Caracterização morfológica de frutos e sementes das progênes de cacauzeiros avaliadas para resistência à *Moniliophthora perniciosa*

Os caracteres considerados no processo de avaliação foram: peso do fruto (PF), comprimento do fruto (COMP), quantidade de sementes por fruto (QSF), peso úmido das sementes (PUS) e peso seco das amêndoas (PSA).

A avaliação para esses caracteres foi realizada durante o ano de 2011, nos meses de março, abril, maio, agosto, setembro, novembro e dezembro, que foram aqueles nos quais houve disponibilidade de frutos. A amostragem consistiu na colheita do número de frutos maduros e sadios disponíveis nas plantas dos cruzamentos em avaliação.

Após serem colhidos, os frutos eram identificados, ensacados e levados para o laboratório. Os frutos colhidos foram avaliados de forma individual da seguinte maneira: foram pesados em uma balança de precisão, e com fita métrica foi medido o comprimento. A seguir, os frutos foram quebrados para que se procedesse à contagem das sementes, que eram pesadas com a mucilagem, para obtenção do peso úmido. Após essa etapa, a mucilagem era removida das sementes, com uma peneira, misturadas ao pó de serra, sendo então levadas a uma estufa calibrada para a temperatura de 70 °C, onde permaneciam por 24 h. Essas sementes, com umidade de aproximadamente 0 % eram novamente pesadas para obtenção do peso seco (Figura 1).

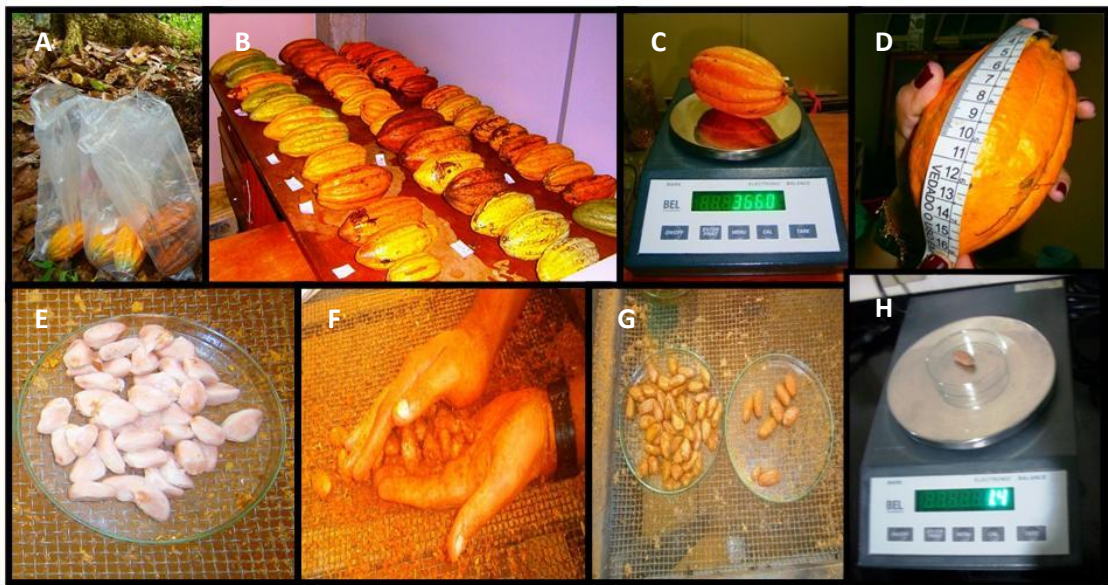


Figura 1. Processo de avaliação das características de frutos e sementes das progênies em estudo. A) Frutos ensacados e identificados em campo; B) Disposição dos frutos no laboratório; C) Pesagem de um fruto; D) Avaliação do tamanho do fruto; E) Contagem de sementes; F e G) Retirada da mucilagem das sementes e H) Pesagem da amêndoa seca.

As variáveis consideradas para este estudo foram: peso e comprimento de fruto, quantidade de sementes por fruto, peso úmido da semente e peso seco da amêndoa. Utilizou-se a análise de variância multivariada para dados não balanceados (GLM-MANOVA), para o estudo dos efeitos de progênie e repetição dentro de progênies. As médias das cinco variáveis estudadas foram ajustadas para realizar as comparações múltiplas através do teste de Tukey-Kramer (LSMEANS). Todos os procedimentos estatísticos foram realizados através do SAS (SAS INSTITUTE INC, 1988).

3.3. RESULTADOS

3.3.1. Experimento 1: Avaliação à campo do comportamento de 22 progênies em relação à infecção natural por *Moniliophthora perniciosa*

Como apenas três plantas sobreviveram dentro da progênie Catongo, esta progênie foi desconsiderada na análise dos dois experimentos.

A análise multivariada detectou diferenças altamente significativas para progênies e repetição dentro das progênies (probabilidade de F para o teste de Wilks= 0,0001), demonstrando, portanto, diferenças na reação à doença entre as progênies estudadas.

Na análise de medidas repetidas, foram observadas como significativas as interações entre ano de avaliação e progênie (probabilidade de F para o teste de Willk= 0,0001). Identificou-se a ocorrência de variação no comportamento de resistência ao longo dos anos entre as progênies.

Na tabela 1 encontram-se as médias corrigidas para número de vassouras vegetativas por planta das 22 progênies estudadas. A maior média geral observada de vassouras vegetativas por planta foi de 9,46, para a progênie Theobahia, enquanto a menor, 0,52, foi observada na progênie de NA33 x RB39. E, dentre as médias anuais de vassoura por planta a maior observada (34,7) foi também para a progênie Theobahia, no ano de 2011.

Nota-se que a diferenciação no comportamento das progênies tornou-se mais evidente a partir do ano de 2006, sendo mais acentuada de 2007 em diante (Tabela 1 e Figura 2). As progênies de THEOBACHIA, SCA6, SCA12 e as outras originárias de cruzamentos em que um destes clones foi utilizado como genitor (SGU26 x SCA6, SCA6 x SIC813), apresentaram um aumento grande do número de vassouras a partir de 2007 e sucessivamente até 2011, o último ano avaliado. Entretanto, outras três progênies (RB36 x SCA6, RB36 x SCA12 e CSUL3 x SCA6), que também tinham os clones Scavina 6 e 12 como ascendente ou progenitores, não

apresentaram esse aumento ao longo dos anos, evidenciando o efeito de adição de genes de resistência provenientes do outro clone ascendente.

Nas três progênes em avaliação que tinham o CEPEC 86 como genitor comum, apenas sobressaiu-se o cruzamento deste com o CEPEC 89 em relação à resistência, uma vez que apresentou um menor número médio de vassouras por ano em relação às progênes CEPEC86 x CSUL7 e CEPEC86 x SCA6 (Tabela 1).

As progênes NA33 x RB39 e P4B x RB39, se destacaram por apresentarem um comportamento relativamente uniforme ao longo dos 10 anos, demonstrando sempre menor número de vassouras que as demais progênes em avaliação. No entanto, o outro cruzamento envolvendo o clone P4B (P4B x EEG29), teve comportamento análogo às demais progênes do experimento demonstrando aumento no número médio de vassoura/planta a partir de 2006 (Tabela 1).

As progênes CSUL3 x CA5, CSUL3 x ICS1 e CSUL3 x MOQ216 que tinham em comum o genitor CSUL3, apresentaram também variação de resistência ao longo dos anos, entretanto todos os cruzamentos envolvendo o clone CSUL3, inclusive aquele com o SCA6 como outro genitor, apresentaram uma redução no número médio de vassouras nos dois últimos anos de avaliação (Tabela1).

Foram selecionadas algumas progênes que apresentaram tanto comportamento de resistência quanto de perda de resistência ao longo dos anos (Figura 2), sendo possível observar o aumento de vassoura a partir do ano de 2006 e mais ainda em 2008, enquanto que nos anos 2000 a 2005, foi impossível diferenciar as progênes estudadas quanto ao comportamento para resistência.

Tabela 1. Número médio de vassouras vegetativas por planta em 22 progênies de cacaueteiro avaliadas em campo durante os anos de 2000-2011, Ceplac/Cepec, Ilhéus, BA.

Progênies	Anos											Média Geral
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2011	
THEOBAHIA	1,94	0,48	1,156	0,719	0,632	2,112	7,185	14,449	26,676	13,964	34,703	9,46
SGU26xSCA6	0,067	-0,006	0,138	0,095	1,526	1,221	7,226	20,212	28,998	27,961	13,296	9,16
SCA12	1,102	0,124	0,269	0,161	0,765	1,03	4,973	18,425	26,564	22,908	23,852	9,11
SCA6xSIC813	0,895	0,781	1,273	0,627	1,025	3,02	7,08	13,619	22,48	18,113	16,836	7,8
ICS9xOC67	6,014	3,673	3,474	1,863	2,352	2,101	3,012	21,01	18,8	9,912	13,321	7,78
SCA6	1,144	0,317	0,607	0,632	1,404	1,404	3,731	11,734	20,968	24,765	14,623	7,39
RB36xICS1	5,166	2,283	4,799	1,904	2,542	1,904	5,557	13,295	16,298	14,132	12,047	7,27
CEPEC86xCSUL7	2,487	2,657	5,123	2,154	1,408	4,002	7,247	17,759	11,894	10,853	6,839	6,58
CSUL3xCA5	4,733	1,172	3,197	1,457	1,344	2,311	4,637	13,676	11,022	10,936	7,653	5,65
RB36xCA5	3,424	1,323	4,175	1,815	2,04	2,53	4,546	7,069	9,666	10,602	13,62	5,53
CSUL3xICS1	6,94	4,353	2,974	1,975	1,695	2,476	2,837	10,191	11,371	7,099	4,794	5,16
SIAL70xCHUAO120	4,858	3,591	2,651	0,886	1,856	2,506	5,488	6,849	13,272	9,936	4,178	5,1
P4BxEEG29	3,231	2,147	3,83	1,49	1,262	2,26	5,735	6,073	9,119	13,353	4,056	4,78
CEPEC86xSCA6	0,072	0,085	0,341	0,244	0,52	0,858	2,68	8,498	14,389	13,933	9,427	4,64
RB36xSCA12	0,403	-0,009	0,543	0,403	0,556	0,572	2,722	6,502	15,385	9,675	11,373	4,38
CSUL3xMOQ216	3,856	2,483	4,51	2,117	2,371	1,855	5,633	4,81	9,026	5,575	4,164	4,22
RB36xCHUAO120	1,598	1,362	0,998	0,321	0,66	1,352	2,432	6,182	8,562	6,072	7,852	3,4
CSUL3xSCA6	1,361	1,065	0,866	0,311	0,643	0,633	1,42	6,755	10,476	4,452	3,248	2,84
RB36xSCA6	0,715	0,005	0,341	0,114	0,107	0,055	0,872	2,355	6,175	4,877	4,473	1,83
CEPEC86xCEPEC89	0,077	-0,03	1,068	0,578	0,114	0,335	0,861	4,09	3,848	2,696	4,305	1,63
P4BxRB39	2,578	0,329	0,83	0,163	0,115	0,098	0,448	0,574	2,982	1,16	1,575	0,99
NA33xRB39	1,014	0,085	0,24	0,06	0,112	0,243	0,202	1,107	1,563	0,808	0,328	0,52

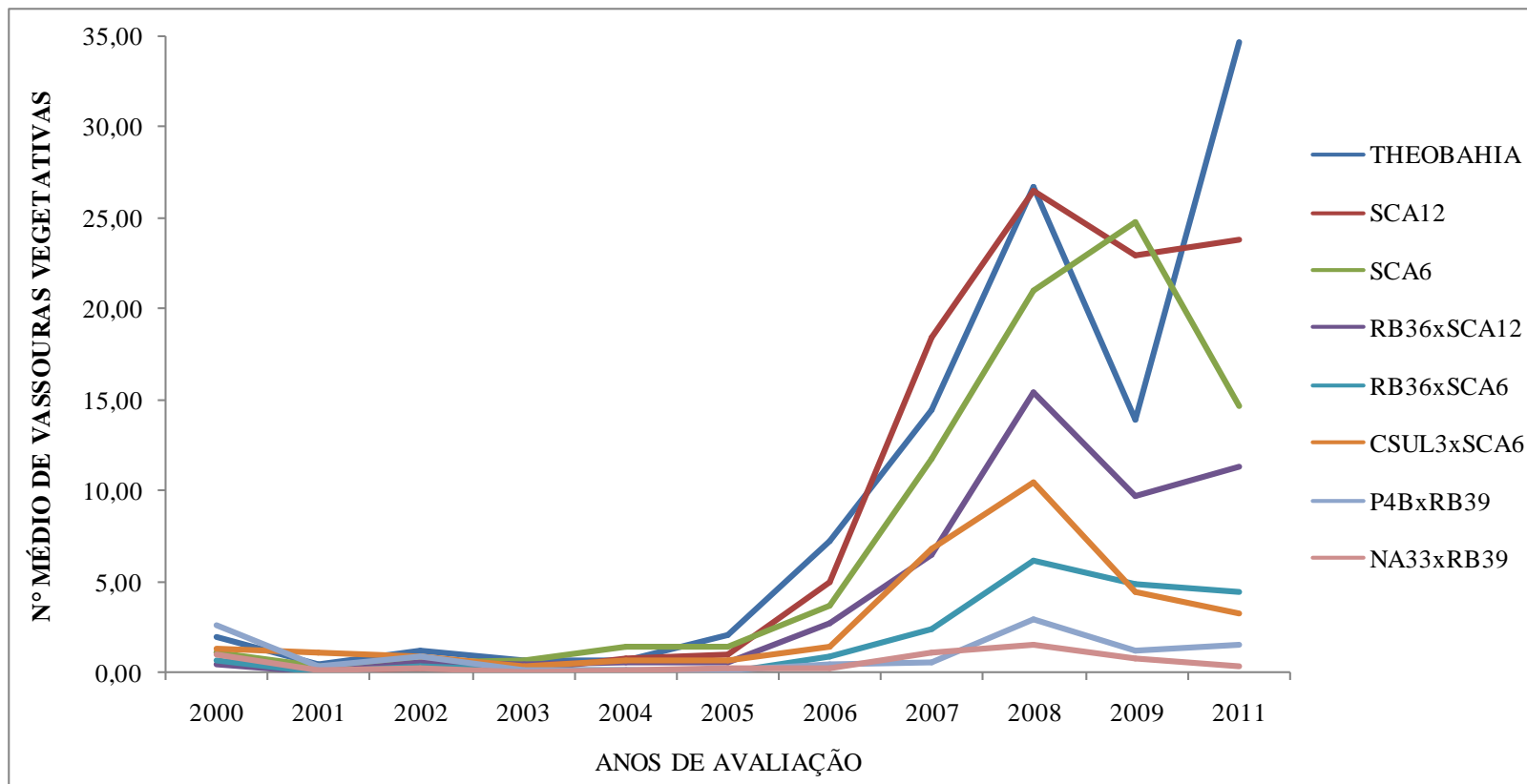


Figura 2. Número médio corrigido de vassouras vegetativas por planta de oito progênes de cacauero durante dez anos de avaliação.

Tabela 2. Valores de probabilidade de erro para a rejeição da hipótese de nulidade de contrastes entre as médias das progênies estudadas e as da progênie Scavina 6

PROGÊNIES	Contraste - Scavina6 Pr > F
CEPEC86xCSUL7	< 0.0001*
CSUL3xCA5	< 0.0001*
CSUL3xICS1	< 0.0001*
CSUL3xMOQ216	< 0.0001*
ICS9xOC67	< 0.0001*
P4BxRB39	< 0.0001*
RB36xCA5	< 0.0001*
RB36xICS1	< 0.0001*
Theobahia	< 0.0001*
NA33xRB39	0.0010*
P4BxEEG29	0.0026*
SIAL70xCHUAO120	0.0062*
RB36xSCA6	0.0139*
CSUL3xSCA6	0.0293*
RB36xCHUAO120	0.0197
SCA6xSIC813	0.0591
SCA12	0.2056
RB36xSCA12	0.2254
SGU26xSCA6	0.7134
CEPEC86xSCA6	0.7687
CEPEC86xCEPEC89	0.9356

* Nível descritivo para F, considerando o teste Lambda de Wilk significativo a 5%.

As progênies CEPEC86 x CSUL7, CSUL3 x CA5, CSUL3 x ICS1, CSUL3 x MOQ216, CSUL3 x SCA6, ICS9 x OC67, NA33 x RB39, P4B x EEG29, P4B x RB39, RB36 x ICS1, RB36 x SCA6, SIAL70 x CHUAO120 e Theobahia, mostraram-se distintas, a 5%, quando contrastadas com a progênie Scavina 6 (Tabela 2). Entre estas progênies contrastantes, estão Theobahia e ICS9 x OC67, que apresentaram médias gerais de vassoura vegetativa (com correção), para o período de 10 anos, superiores ao apresentado pela progênie de Scavina 6 (Tabela 1), enquanto que para as demais os valores foram sempre inferiores ao padrão Scavina 6.

3.3.2. Experimento 2: Caracterização morfológica de frutos e sementes das progênes de cacaueiros avaliadas para resistência à *Moniliophthora perniciosa*

Devido ao pequeno número de frutos avaliados para as progênes CEPEC86 x CEPEC89 e SIAL70 x CHUAO120, estas foram desconsideradas para caracterização morfométrica e não constam na avaliação.

Em relação ao número de frutos avaliados, as progênes que apresentaram a maior quantidade de frutos foram RB36 x ICS1, CSUL3 x ICS1 e ICS9 x OC67, com 351, 327 e 311 frutos avaliados, respectivamente. Nos meses de agosto, setembro e novembro foram encontrados os maiores números de frutos em campo, correspondendo ao período da safra principal, enquanto que nos meses de março e abril a quantidade de frutos para todas as progênes foi mais reduzida.

Houve diferenças significativas, a 5 % e 1 % de probabilidade, entre as progênes para os cinco caracteres analisados. Quanto à fonte de variação houve significância a 1% de probabilidade apenas para os caracteres comprimento do fruto (COMP) e quantidade de sementes por fruto (QSF), e a 5% para as variáveis: peso do fruto (PF), peso úmido das sementes (PUS) e peso seco da amêndoa (PSA) (Tabela 3).

Os coeficientes de variação com valores elevados foram para as variáveis PUS (48,87 %) e PF (47,71 %). Os demais valores são considerados aceitáveis para este tipo de experimento.

Tabela 3. Análises de variância conjunta (quadrados médios) e médias da caracterização morfométrica de frutos e de sementes, obtidas de um ensaio de campo com cruzamentos de cacaueiro no ano de 2011, Ceplac/Cepec, Ilhéus, BA.

FV	GL	Quadrado Médio				
		PF	COMP	QSF	PUS	PSA
Progênie	17	329609,7**	100,42**	1,19**	5982,3**	0,86**
Repetição	2	215986,6*	113,3**	2,45**	6877,5*	0,32*
Erro	847	56679,11	10,47	0,29	2140,4	0,07
CV (%)		47,71	15,96	16,26	48,87	23,9

PF: peso de fruto; COMP: comprimento do fruto; QSF: quantidade de sementes por fruto; PUSF: peso úmido de semente; PSA: peso seco de amêndoa.

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

Para o primeiro caráter, peso de fruto (PF), observou-se ampla variação (Tabela 4) entre o peso médio máximo 726,7 g para a progênie RB36 x CHUAO120 e o peso médio mínimo 306,8 g para a progênie CSUL3 x SCA6. As progênes RB36 x CA5, Theobahia,

RB36 x ICS1, CSUL3 x ICS1, SCA6 x SIC813 e P4B x EEG29, apresentaram valores de peso médio de fruto, superiores a média do experimento (498,94 g).

Para o caráter peso médio do fruto, a progênie RB36 x CHUAO120 foi a que mais diferenciou significativamente do maior número de progênies, sendo distinta estatisticamente quando contrastada com as progênies RB36 x CA5, P4B x EEG29 e Theobahia.

A progênie RB36 x CHUAO120 também foi a que apresentou o maior comprimento médio de fruto (22,98 cm), enquanto os menores frutos foram apresentados pela progênie NA33 x RB39 (16,85 cm), sendo, portanto, a variação entre o maior e o menor comprimento entre todas as progênies na ordem de 6,1 cm. O comprimento médio do fruto para todas as progênies foi 20,26 cm, assim as progênies RB36 x ICS1; RB36 x CA5; SCA6 x SIC813; Theobahia e RB36 x SCA6, apresentaram frutos com comprimento acima desse valor (Tabela 4).

Em relação aos contrastes entre as progênies para este caráter (Tabela 5), a progênie RB36 x CHUAO120 foi a que se diferenciou do maior número de progênies: CEPEC86 x SCA6, CSUL3 x MOQ216, NA33 x RB39, RB36 x SCA12, CEPEC86 x CSUL7, ICS9 x OC67, CSUL3 x ICS1, CSUL3 x SCA6 e P4B x RB39, cujos frutos apresentaram respectivamente: 18,95 cm; 19,90 cm; 16,85 cm; 20,2 cm; 19,9 cm; 18,7 cm; 19,7 cm; 17,1 cm e 19,2 cm de comprimento de frutos.

A quantidade média de sementes por fruto variou de 41,4 a 22,8 sementes, para as progênies CSUL3 x SCA6 e RB36 x CHUAO120, respectivamente. As progênies CEPEC86 x CSUL7; SCA6 x SIC813; P4B x EEG29; Theobahia; CSUL3 x MOQ216; SCA12; SCA6 apresentaram quantidade de sementes por fruto acima da média (33,1). A progênie RB36 x CHUAO120, que apresentou a menor quantidade de sementes por fruto (22,8), no contraste com as outras progênies, diferiu estatisticamente daquelas dos cruzamentos: CSUL3 x MOQ216, SCA6 x SIC813, RB36 x ICS1, RB36 x SCA12, CEPEC86 x CSUL7, ICS9 x OC67, CSUL3 x ICS1, SCA12 e CSUL3 x SCA6 (Tabela 5).

O maior peso úmido das sementes foi para a progênie Theobahia (119,8 g), seguido das progênies RB36 x CHUAO120 e RB36 x ICS1, com os valores respectivos de 108,3 g e 106,67 g (Tabela 4). Outras progênies: RB36 x CA5; CEPEC86 x CSUL7; P4B x EEG29; SCA12 e CSUL3 x SCA6, também apresentaram valores de peso úmido das sementes acima da média (94,66 g), enquanto a média de peso úmido das sementes mais baixo foi para NA33 x RB39 (72,75 g).

Considerando-se os contrastes entre as progênies para o peso úmido de sementes, a progênie NA33 x RB39 diferiu estatisticamente dos cruzamentos RB36 x ICS1, RB36 x CHUAO120 e Theobahia (Tabela 5).

A última variável analisada foi o peso seco da amêndoa, os valores obtidos no experimento variaram entre 1,43 g para a progênie RB36 x CHUAO120 e 0,87 g (CSUL3 x SCA6). As progênies RB36 x ICS1 e RB36 x CA5, apresentaram valores próximos ao valor máximo, sendo eles 1,35 g e 1,32 g de peso seco da amêndoa, porém, outras cinco progênies também alcançaram valores para esta variável acima de 1,17 g, a média geral para este caráter: NA33 x RB39; ICS9 x OC67; CSUL3 x ICS1; P4B x RB39 e CEPEC86 x CSUL7 (Tabela 4).

Ao serem contrastadas as progênies para peso seco da amêndoa, RB36 x CHUAO120 se diferenciou da maioria, exceto das progênies RB36 x ICS1, NA33 x RB39, RB36 x CA5, P4B x EEG29. Verificou-se ter sido este o caráter, dentre os 5 avaliados, que mais diferenças determinou entre as progênies testadas (Tabela 5).

Tabela 4. Médias de cinco caracteres morfológicos de frutos e sementes de 18 progênies de cacauero. Ceplac/Cepec, Ilhéus, BA, 2011

PROGÊNIE	PF (g)	COMP (cm)	QSF	PUS (g)	PSA (g)
RB36 x CHUAO120	726,68	22,98	22,79	108,30	1,43
RB36 x ICS1	551,17	21,90	30,27	106,67	1,35
RB36 x CA5	593,67	21,20	31,02	101,74	1,32
NA33 x RB39	370,84	16,85	28,74	72,75	1,28
ICS9 x OC67	422,82	18,72	30,26	85,95	1,21
CSUL3 x ICS1	500,94	19,71	31,23	93,97	1,21
P4B x RB39	429,67	19,21	28,00	79,85	1,20
CEPEC86 x CSUL7	477,30	19,94	35,73	101,07	1,17
SCA6 x SIC813	525,78	20,93	34,97	91,31	1,15
P4B x EEG29	521,38	19,86	35,50	106,10	1,13
Theobahia	570,53	21,50	37,79	119,88	1,09
RB36 x SCA12	447,74	20,23	27,87	80,06	1,06
CEPEC86 x SCA6	432,15	18,95	27,74	79,50	1,06
RB36 x SCA6	461,26	20,96	32,33	88,78	1,05
CSUL3 x MOQ216	452,74	19,90	37,55	91,04	1,01
SCA12	443,23	19,81	40,06	97,90	0,93
SCA6	401,77	19,45	36,91	88,43	0,90
CSUL3 x SCA6	306,80	17,07	41,43	95,52	0,87
MÉDIAS	498,94	20,26	33,1	94,66	1,17

PF: peso de fruto; COMP: comprimento do fruto; QSF: quantidade de sementes por fruto; PUS: peso úmido de semente; PSA: peso seco da amêndoa.

Tabela 5. Contrastes entre as progênies de cacaueteiro avaliadas quanto aos cinco critérios morfológicos de frutos e sementes. No eixo vertical encontram-se todas as progênies e no horizontal apenas as dos cruzamentos que apresentaram diferenças significativas para algum dos caracteres, sendo eliminados os demais. Ceplac/Cepec, Ilhéus, BA, 2011

PROGÊNIES	RB36 ICS1					RB36 CHUAO120					NA33 RB39					RB36 CA5					RB36 SCA12					ICS9 OC67					CSUL3 SCA6						
	CARACTERES MORFOLÓGICOS																																				
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E		
CEPEC86xSCA6				*	*	*			*					*																							
CSUL3xMOQ216				*	*	*	*		*		*			*						*																	
SCA6xSIC813				*	*		*		*		*		*													*					*						
RB36xICS1					*		*				*		*										*														
RB36xSCA6				*	*				*		*			*					*						*				*								
RB36xCHUAO120	*												*																								
NA33xRB39	*				*	*																															
RB36xCA5										*	*																*				*						
RB36xSCA12				*	*	*			*		*			*						*					*												
CEPEC86xCSUL7		*		*	*	*	*		*		*												*													*	
ICS9xOC67	*	*			*	*	*		*						*											*										*	
CSUL3xICS1		*		*	*	*	*		*		*														*											*	
P4BxEEG29																																					
THEOBAHIA				*			*		*	*	*		*										*														
SCA6				*	*				*					*						*				*													
SCA12				*	*		*		*		*			*						*			*			*											
CSUL3xSCA6	*	*		*	*	*	*		*				*	*					*			*			*												
P4BxRB39		*		*	*	*			*		*									*			*			*											

* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste Tukey-Kramer;

Caracteres morfológicos: A- peso do fruto; B- comprimento do fruto; C- quantidade de semente por fruto; D- peso úmido das sementes; E- peso seco da amêndoa.

3.4. DISCUSSÃO

O desenvolvimento de populações-base no Cepec visou dar o suporte ao programa de seleção clonal, combinando nestas populações, fontes distintas de resistência à vassoura-de-bruxa, promovendo, assim, um acúmulo de genes para resistência, bem como a associação de caracteres agronômicos desejáveis, especialmente para produção (MONTEIRO & AHNERT, 2012). Os cruzamentos usados neste experimento são parte deste esforço e incluem entre os parentais clones considerados como fontes de resistência, a exemplo de NA33, P4B, RB36 e 39, CEPEC89, CHUAO120, CSUL7 e CSUL3, com diferentes origens geográficas e distantes geneticamente (PIRES, 2003; MARITA, 2001). Outros materiais foram escolhidos devido as suas boas características de produção, como: ICS 1 e 9, SGU26, SIAL 70, SIC 813, EEG29, OC67 e CA5.

A morte das plantas, em consequência da infecção de *M. Perniciosa* nas progênes CATONGO no campo experimental evidencia, que a pressão de inóculo na área foi adequada para seleção de resistência ao patógeno.

O efeito significativo para progênes, como fonte de variação, observado para o experimento 1 indica diversidade no comportamento delas quanto a reação ao patógeno e possível interação entre genes das diferentes fontes de resistência. As evidências se tornaram mais nítidas na evolução do comportamento das progênes no decorrer do período de dez anos de avaliação (Tabela 1 e Figura 2).

Nos cinco primeiros anos de avaliação, a maioria das progênes, a exceção da de Catongo, apresentou reduzido número médio de vassouras vegetativas, havendo aumento gradativo dessas médias já a partir do ano 2006 (Figura 2). Entre os anos 2007 e 2008 foram os mais propícios à infecção por vassoura-de-bruxa, pois ocorreram os maiores números médios de vassoura por planta para a maioria das progênes, provavelmente, contribuíram para isto fatores climáticos que afetam o desenvolvimento das epidemias. Na Bahia, as

condições propícias à doença são encontradas praticamente durante todo o ano, menos em meses com precipitações abaixo dos 100 mm, quando se observa aumento na temperatura e diminuição da umidade relativa do ar, demonstrando assim a importância do papel da chuva e de períodos com umidades relativas do ar acima de 90%, associados a temperaturas médias inferiores a 24 °C na produção de basidiomas e no progresso da doença (LUZ et al., 2006).

Além dos fatores climáticos, que devem ter interferido na maior produção de inóculo pelo patógeno, contribuiu também a modificação na população do patógeno que evoluiu para quebrar a resistência dos descendentes dos clones Scavina, que foram a principal fonte de resistência disponível nos anos 90 para plantação na região. Este efeito foi observado neste experimento tanto para as progênies de polinização aberta de SCA6 e 12, quanto para os seus descendentes, notadamente para a de Theobahia (Figura 2).

Paim et al. (2006) constataram alterações comportamentais para as progênies de SCA6 e SCA12, em área do Cepec em relação ao aumento de incidência de vassoura-de-bruxa a partir do ano 2004, o que também foi observado em outras áreas dentro dos limites do Cepec, coincidindo com as observações de Pires (2003) que constatou o processo evolutivo do patógeno com o aumento na população do patógeno dos tipos que eram mais agressivos aos clones Scavinas. Resultados similares, foram obtidos por Albuquerque et al. (2010).

O Theobahia, que neste trabalho apresentou crescente aumento no número de vassouras por planta a partir de 2006, e que é um cruzamento entre Alto Amazônico x Trinitário, desde o seu lançamento como variedade seminal, notabilizou-se devido as suas altas médias de produtividade, cerca de 150 arrobas/ha/ano (MONTEIRO & PIRES, 1995), porém, deixou de ser recomendada para o plantio devido a sua suscetibilidade a doença murcha de *Ceratocystis*, causada pelo fungo *Ceratocystis cacaofunesta* (BEZERRA, 1997; BEZERRA et al., 1998). No presente trabalho, confirmou-se as boas características de frutos encontradas nessa progênie, sendo esta a razão pela qual, embora a perda evidente de resistência, muitos produtores ainda mantém algumas dessas plantas em suas propriedades.

O comportamento das progênies de SCA6 e SCA12 nesse estudo foi bastante similar (Tabela 1 e Figura 2), entretanto, para os seus descendentes houve uma variação na expressão de resistência. O aumento do número médio de vassouras para as progênies SGU26 x SCA6, SCA6 x SIC813, SCA6 e SCA12, evidencia a quebra de resistência face a evolução do patógeno. Em contrapartida, outras quatro progênies com descendência de Scavina, sendo elas RB36 x SCA6, RB36 x SCA12, CSUL3 x SCA6 e CEPEC86 x SCA6, demonstraram menores médias de vassouras vegetativas ao longo dos anos, quando comparadas com as

progênies citadas anteriormente, possivelmente, devido à contribuição do outro progenitor, cujos genes de resistência dificultaram a infecção pelo patógeno.

Pires et al. (2009), em um estudo de associação entre fontes de resistências à doença vassoura-de-bruxa para o incremento do nível e da durabilidade do caráter, observaram que as progênies de Scavina quando cruzadas com outros progenitores resistentes haviam mantido um nível baixo de infecção em áreas onde a evolução do patógeno estava presente, enquanto progênies que tinham apenas o Scavina como progenitor resistente passaram a ter elevado nível de infecção por *M. pernicioso*, comprovando, então, o aumento da durabilidade de resistência com a associação de diferentes genes.

Esse resultado também pode ser claramente observado, quando se contrastou a progênie de Scavina⁶ com as demais progênies do estudo (Tabela 2) e observou-se que, 12 das 21 progênies, foram distintas dela, apresentando melhor desempenho quando comparadas com essa progênie isolada. Isto evidencia novamente a influência das outras fontes para assegurar resistência em campo frente à evolução do patógeno, ou seja, a adição dessas fontes promove uma maior durabilidade da resistência.

Sendo assim, clones descendentes dos Scavina em primeira, segunda ou terceira geração continuam a ser recomendados para substituir plantas suscetíveis à vassoura-de-bruxa, por haverem se destacado nos ensaios regionais conduzidos pelo Cepec (PIRES et al., 1999), porém, desde que nos cruzamentos em todas as gerações estejam presentes outros clones que também sejam considerados fontes de resistência a vassoura-de-bruxa.

Os genótipos da série Cepec, são descendentes das variedades tradicionais da Bahia, e nesse estudo o comportamento da progênie CEPEC86 x CEPEC89, que apresentou baixo número médio de vassouras ao longo dos anos (Tabela 1), pode ser explicado, pois de acordo com Pires (2003), CEPEC 86, selecionado no vale do Rio Jequitinhonha por Basil Bartley, ao contrário do usual para as seleções locais, mostrou baixo nível de infecção pelo agente causal da vassoura-de-bruxa em condições de campo.

O comportamento observado ao longo de 10 anos de avaliação para as progênies NA33 x RB39 e P4B x RB39, nos leva a concluir que entre todos os materiais avaliados nesse trabalho, estas duas progênies apresentaram o melhor desempenho, mostrando que o clone RB39 é fonte de resistência altamente promissora, uma vez que promoveu a durabilidade da resistência quando associado com outras fontes, evidenciada pelo baixo número médio de vassouras durante o período de avaliação. Além disso, as progênies descendentes da série Cruzeiro do Sul apresentaram também um bom desempenho quanto à resistência, entretanto,

não se destacaram como o material do RB39 citado acima (Tabela 1), apesar de ambos serem provenientes do mesmo local de origem, o Acre, porém de bacias diferentes.

As coletas realizadas por expedições científicas, promovidas pela Ceplac na Amazônia brasileira, resultaram na implantação em Marituba-PA de uma coleção de germoplasma de cacau proveniente de 36 bacias hidrográficas nos estados do Amazonas, Acre, Rondônia e Pará. Este material constitui uma fonte fecunda de importantes genes para a cultura do cacau (ALMEIDA et al., 1987; ALMEIDA et al., 1994, KOBAYASHI et al., 2001).

Tanto através do projeto *screening* como em outros experimentos em campo, foram identificadas na Bahia, entre os materiais avaliados fontes de resistência distintas dos clones Scavina, incluindo clones das séries Cruzeiro do Sul e RB, provenientes do Acre (LUZ et al., 1997,2005; SILVA et al., 1999, 2000). Fonseca & Albuquerque (2000), avaliando na Amazônia os níveis de resistência de 521 acessos clonais do Alto, Médio e Baixo Amazonas, em condições de alta pressão de inóculo por quatro anos, classificaram como promissores 180 destes clones e, dentre os genótipos selecionados, a maioria pertencia às séries CAB, RB e BE.

Os materiais da série brasileira Cruzeiro do Sul, também foram classificados como resistentes, por apresentarem baixa incidência da doença nos bancos de germoplasma da região Sul da Bahia, em estudo sobre diversidade genética em *Theobroma cacao*, com ênfase para resistência à vassoura-de-bruxa (MARITA et al., 2001).

Clones como o RB39, NA33, P4B, RB36 e CSUL3, demonstraram alta capacidade geral de combinação especialmente para o caráter resistência, tanto neste experimento como em resultados anteriores (SILVA et al., 2010), podendo ser assim amplamente adotados no PMGC como parentais para novos e complexos cruzamentos, visando a associação de genes para a resistência e ampliação da diversidade em cultivo, afim de se alcançar a maior durabilidade da resistência.

As progênes testadas também diferiram significativamente para todos os cinco caracteres de frutos e sementes avaliados: peso de fruto, comprimento do fruto, quantidade de sementes por fruto, peso úmido das sementes e peso seco das sementes. Isto confirma a existência de variabilidade genética dentre as progênes estudadas também para as características relacionadas à produção. Indicações sobre a variabilidade do cacauzeiro na Amazônia são relatadas por Pound (1938) e Le Cointe (1934), com base nas expedições botânicas realizadas.

Os valores observados para o coeficiente de variação dos caracteres avaliados, exceto para o descritor quantidade de sementes, estão próximos aos obtidos em ensaios de avaliação de genótipos de cacau (VELLO et al., 1972; MARIANO et al., 1988; ALMEIDA, 1991; DIAS et al., 1998).

Um componente muito variável é o número de sementes por fruto, dependente direto do número de óvulos e do percentual de fertilização destes (POUND, 1932; KUPPERS, 1953; ENRÍQUEZ & SORIA, 1966; JACOB & ATANDA, 1973; ATANDA E JACOB, 1975). As progênes de SCA6, SCA 12 e seus descendentes, CSUL3 x SCA6 e SCA6 x SIC813, tiveram as maiores quantidades de sementes por fruto, entretanto o peso úmido e peso seco dessas sementes apresentaram baixos valores. Ao estudar a variabilidade genética das características de fruto e sementes em *Theobroma cacao*, para os clones SIC e SIAL, Pereira et al. (1987) concluiu que os clones SIC têm os maiores valores de número de sementes por fruto.

Dentre as 18 progênes caracterizadas, a que mais se destacou para os cinco caracteres morfológicos avaliados foi RB36 x CHUAO120. Este cruzamento apresentou o maior peso médio de fruto (726,68 g) e o maior comprimento (22,98 cm), entretanto, foi a progênie que teve a menor quantidade de semente por fruto, uma média de 22,7 sementes, porém as médias de peso úmido das sementes e o peso seco da amêndoa, apresentaram os mais altos valores, 108,3 g e 1,43 g, respectivamente. As duas outras progênes, dentre as estudadas, que possuem o clone RB36 como um dos genitores (RB36 x ICS1 e RB36 x CA5), se destacaram também, apresentando comportamento semelhante à progênie RB36 x CHUAO120.

Ensaio conduzidos por Pereira et al. (1987) e Dias & Kageyama (1995), demonstraram que o clone ICS1, quando em combinações híbridas, possui a capacidade de aumentar a média do componente peso úmido das sementes, que é o caráter mais interessante para o produtor, pois após o beneficiamento dessas sementes, ele irá dispor de matéria-prima (amêndoas secas) para a comercialização. Porém, quando o material RB36 foi cruzado com o SCA12, esta progênie não apresentou resultados promissores para as características morfo-agronômicas avaliadas. Como os clones SCA não têm destaque para este tipo de características, a herança genética do SCA12 deve ter prevalecido na descendência contribuindo para o baixo desempenho da progênie.

A produção de sementes pequenas, portanto menos pesadas, nas descendências em que o SCA 6 participa como um dos genitores foi observada também por Pereira et al. (1987) e Mariano et al. (1988). Ainda de acordo com Bartley et al. (1982), ao avaliar o comportamento dos clones introduzidos como progenitores híbridos na Bahia, os agrupamentos de

cruzamentos com seleções locais que tiveram os clones SCA6 e SCA12, foram em geral muito produtivos, porém com sementes de peso médio a pequeno, na maioria das vezes inferior a 1,0 g, valor mínimo estipulado pela indústria chocolateira.

A progênie Theobahia, também apresentou ótimo desempenho quanto aos cinco caracteres relacionados à produção que foram avaliados, confirmando o comportamento de produtividade preconizado em seu lançamento na Bahia (MONTEIRO & PIRES, 1995).

Segundo Pereira et al. (1987) as correlações entre características de frutos e sementes mostram que os frutos mais compridos estão geneticamente associados a frutos mais pesados, com casca mais espessa e maior número de sementes por fruto. O peso do fruto se associa geneticamente com: espessura da casca, peso de amêndoa e, principalmente, com o peso da casca. Frutos com casca mais espessa e mais pesada, estão associados geneticamente com menor número de sementes e com maior peso de amêndoas.

Dentro do melhoramento genético do cacau, um caráter que deve ser levado em consideração é o peso médio de sementes úmidas. Acréscimo neste componente advém do aumento do peso médio de sementes, mas também, embora em menor grau, do número de sementes por fruto (RUINARD, 1961).

Resultados concordantes com a afirmativa acima foram obtidos nesse trabalho, em que as progênies RB36 x CHUAO120, RB36 x ICS1 e RB36 x CA5, que apresentaram os maiores valores médios de peso úmido de sementes e peso seco da amêndoa, possuíam menor número de semente/fruto que a média do experimento, onde outras progênies alcançaram valores superiores para este caráter.

As sementes, produto de valor comercial do cacau, devem atender aos requisitos de qualidade exigidos pelas indústrias. Para o agricultor, a consideração desse caráter é também relevante, pois, quanto maior a sua magnitude, menos trabalho será gerado para a colheita e a quebra dos frutos (DIAS & RESENDE, 2001). Portanto, o peso das amêndoas secas por fruto é considerado um dos principais componentes de produção (ALMEIDA et al., 1994) e o uso de variedades ou clones com peso de semente maior é importante para atender as exigências da indústria chocolateira, para a qual o peso médio de amêndoa seca deve ser superior a 1 g (DIAS & RESENDE, 2001).

Na avaliação das 18 progênies, 15 delas apresentaram peso médio de amêndoa superior a 1 g e, as progênies SCA6, SCA12 e CSUL3 x SCA6, geraram valores abaixo dessa média, sendo eles 0,90 g; 0,93 g e 0,87 g, respectivamente. As três progênies que apresentaram os maiores valores de peso seco de semente foram RB36 x CHUAO120 com

1,43 g, RB36 x ICS1 com 1,35 g e RB36 x CA5 com 1,32 g, sendo, portanto, consideradas promissoras em relação a este importante caráter de produção.

Dentre as progênies aqui avaliadas poderão ser selecionadas as de NA33 x RB39; P4B x RB39; RB36 x SCA6 e CEPEC86 x CEPEC89, como excelentes fontes de resistência à VB. Quanto às características morfológicas analisadas, destacaram-se as progênies RB36 x CHUAO120, RB36 x ICS1 e RB36 x CA5 que apresentaram valores altos para os cinco caracteres de produção avaliados. Sendo assim, é possível selecionar plantas de elite encontradas dentro destas progênies para serem clonadas e utilizadas em ensaios multi- locais de avaliação de clones em fazendas da região cacauceira para, de acordo com o seu desempenho, serem posteriormente indicados aos produtores. Bem como, as progênies em destaque para resistência e que não se mostraram promissoras quanto à produção deverão ser utilizadas em novos cruzamentos com materiais altamente produtivos, como o RB 36, para que sejam gerados genótipos que apresentem as características de resistência associadas às de produtividade.

4.CAPÍTULO 2

AVALIAÇÃO DE PROGÊNIES DE POLINIZAÇÃO ABERTA DE CLONES DA SÉRIE CP QUANTO À RESISTÊNCIA A *Moniliophthora perniciosa*

RESUMO

O programa de melhoramento genético do cacau (PMGC) conduzido pelo Centro de Pesquisas do Cacau (Cepec) tem como uma das estratégias desenvolver novas populações melhoradas, buscando associação de caracteres desejáveis e acumulação de genes relacionados à resistência à vassoura-de-bruxa (VB), principal doença do cacau no Brasil. Testes precoces para avaliação de resistência nas seleções promissoras são desejáveis. Visando identificar progênies resistentes e genitores com alta capacidade geral de combinação (CGC), 15 progênies foram avaliadas através de inoculação em casa-de-vegetação com 1×10^5 basidiósporos mL^{-1} de *Moniliophthora perniciosa*. As plântulas foram oriundas de sementes de polinização aberta de 13 clones selecionados da série CP, constituindo assim famílias de meios irmãos. De cada progênie foram inoculadas 56 plântulas, aos trinta dias de idade, e os sintomas foram avaliados diariamente até o 30º dia e aos 60 dias após a inoculação, determinando-se a porcentagem de plântulas infectadas dentro de cada progênie. O delineamento utilizado foi de blocos ao acaso com 15 tratamentos (13 clones + 2 testemunhas - SCA6 e ICS1) e 4 repetições de 14 plantas cada, sendo o experimento repetido em duas épocas. Entre as 13 progênies testadas apenas a do clone CP 195 (TSH1188 x CCN51) mostrou-se suscetível, embora a porcentagem média de infecção nas plantas inoculadas de todo o experimento tenha sido relativamente baixa (6,3 %). Progênies dos clones CP 84, 149, 421, 302, 306, 300, 309 e 431, apresentaram níveis de infecção inferiores à média do

experimento, demonstrando a eficiência da seleção para resistência quando se realizou o inter cruzamento de materiais com diferentes níveis de resistência à VB.

Palavras-chave: *Theobroma cacao*; *Moniliophthora perniciosa*; melhoramento genético; resistência.

**EVALUATION OF OPEN POLLINATION PROGENY OF CLONES SERIES CP
FOR RESISTANCE TO *Moniliophthora perniciosa***

ABSTRACT

The breeding program of cacao (PMGC) conducted by the Center for Cocoa Research (Cepec) has as one of its strategies, develop new improved populations, seeking membership of desirable traits and accumulation of genes related to resistance to witches' broom (VB), major disease of cacao in Brazil. Early tests for assessing resistance in promising selections are desirable. To identify resistant progenies and parents with high general combining ability (CGC), 15 progenies were evaluated by inoculation in a green house with basidiospores 1×10^5 mL⁻¹ *Moniliophthora perniciosa*. Seedlings were grown from seeds from open pollination of 13 selected clones of the CP series, thus half-sib families. Each of 56 progeny were inoculated seedlings at thirty days of age, and symptoms were assessed daily until day 30 and 60 days after inoculation by determining the percentage of infected plants within each progeny. The experimental design was randomized blocks with 15 treatments (13 clones + 2 witnesses - ICS1 and SCA6) and 4 replicates of 14 plants each, and the experiment repeated two times. Among the 13 progeny tested just clone CP 195 (TSH1188 x CCN51) was susceptible, although the average percentage of infection in plants inoculated with the entire experiment was relatively low (6.3%). Progeny clones CP 84, 149, 421, 302, 306, 300, 309 and 431 showed infection levels below the average of the experiment, demonstrating the effectiveness of selection for resistance when they accomplished the intercrossing of materials with different levels of resistance to VB.

Keywords: *Theobroma cacao*, *Moniliophthora perniciosa*, genetic improvement; resistance

4.1.INTRODUÇÃO

O cacauéiro é uma espécie perene que se desenvolve de forma espontânea nas planícies úmidas da América do Sul e Central (CUATRECASAS, 1964). Dentro do gênero, é a espécie economicamente mais explorada e um dos mais importantes cultivos perenes dos trópicos, sendo cultivado em todos os continentes (PURDY & SCHMIDT, 1996).

O maior impedimento à produção de cacau no Brasil é causado pelas doenças fúngicas e, dentre elas, a vassoura-de-bruxa é a mais importante (ALMEIDA & ANDEBRHAN, 1987; LUZ et al., 1997), sendo causada pelo fungo basidiomicota, *Moniliophthora perniciosa* (ex *Crinipellis*) (AIME & PHILLIPS-MORA, 2005). No Brasil, esta enfermidade é conhecida desde 1898, na Região Amazônica, com o nome de lagartão (SILVA, 1987). Foi registrada pela primeira vez no Estado da Bahia em 1989, tendo representado um verdadeiro desastre para a produção cacauéira do Estado, que então correspondia a aproximadamente 84,5% da produção nacional e 15% da mundial (PEREIRA et al., 1989; KIMATI et al., 1995).

O controle da vassoura-de-bruxa envolve o uso integrado de técnicas culturais, aplicação de fungicidas e de produtos biológicos, como o Tricovab e principalmente o uso de cultivares resistentes (LUZ et al., 2006; OLIVEIRA & LUZ, 2005). A resistência à doença é um componente essencial do programa de manejo integrado da vassoura-de-bruxa. Uma das principais e das mais importantes fases do melhoramento para resistência a doenças é a identificação das fontes de resistência. No cacauéiro, como em outras culturas, é desejável que tais fontes sejam encontradas em genótipos que possam ser explorados comercialmente por conterem características genéticas desejáveis e adequadas ao sistema de cultivo tradicionalmente utilizado na região (RIO-RUIZ, 2001). Muito da variabilidade encontrada na cultura, incluindo genes de resistência, provém da América do Sul, especialmente da bacia do Amazonas, suposto centro de origem da espécie (PAULIN & ESKES, 1995).

Nesse sentido o Centro de Pesquisas do Cacau (Cepec) tem desenvolvido estratégias focadas no manejo integrado da doença, incluindo, principalmente, a melhoria do nível de resistência e durabilidade das novas variedades comerciais (SILVA et al., 2010). A resistência durável, conceitualmente, é aquela que se mantém efetiva em dada variedade que é amplamente cultivada por longo tempo em ambiente favorável a doença (JOHNSON, 1983).

Dessa maneira, populações estão sendo desenvolvidas e testadas gerando a possibilidade de distribuir ao longo do tempo genótipos que apresentem além do caráter resistência, associação de caracteres de importância genético-agronômica como resistência a outras doenças, compatibilidade genética, alta produção, tamanho de frutos e sementes, qualidade de sementes, dentre outros (MONTEIRO et al., 2006; MONTEIRO & ANHERT, 2012).

Buscando atender as demandas de renovação das lavouras da região cacauzeira, dois tipos de populações-base foram desenvolvidos pelo PMGC no Cepec: as geneticamente não estruturadas e as estruturadas. As primeiras foram formadas a partir de auto-fecundação de clones, retrocruzados e cruzamentos complexos, utilizando-se da diversidade encontrada em ensaios de híbridos, gerados em fases anteriores do PMGC. A proposta da criação destas populações não estruturadas é gerar plantas resistentes, auto-compatíveis com ampla base genética (MONTEIRO & ANHERT, 2012). Dentre os genótipos já selecionados entre estas populações quatro da série já foram recomendados para plantio na região: CEPEC 2003 (CP37); 2004 (CP46); 2005 (CP55) e 2006(CP50) (CEPEC, 2002).

Dos métodos utilizados para identificação de genótipos resistentes à vassoura-de-bruxa, a inoculação com basidiósporos do patógeno em condições de casa-de-vegetação, tem gerado resultados satisfatórios. Inúmeras plântulas selecionadas por este sistema têm se mantido livres de sintomas em condições de campo, quando expostas as altas taxas de infecção natural por vários anos (DIAS & RESENDE, 2001; PAIM et al., 2006).

No presente trabalho, objetivou-se: i) identificar progênies resistentes à vassoura-de-bruxa, ii) progenitores com alta capacidade geral de combinação para resistência à vassoura-de-bruxa. Ambos a partir de plântulas obtidas de sementes de polinização aberta de 13 clones oriundos de cruzamentos controlados e em fase de seleção no PMGC do Cepec.

4.2. MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos em laboratórios e casas de vegetação da Seção de Fitopatologia do Centro de Pesquisa do Cacau (Cepec) situada na sede da Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (Ceplac), em Ilhéus, BA.

4.2.1. Material genético

Foram utilizadas sementes de polinização aberta de 13 clones da série CP, selecionados em duas áreas pertencentes à seção de genética da Ceplac/Cepec, para serem testados quanto à resistência à vassoura-de-bruxa em duas épocas: outubro de 2011 e janeiro de 2012. Os clones ICS1 e SCA6 foram incluídos como padrão de suscetibilidade e padrão de resistência, respectivamente. Cada clone, cuja progênie de polinização aberta foi utilizada neste experimento, foi oriundo de cruzamentos em 1º e 2º geração entre clones de interesse para o PMGC (Tabela 1).

Tabela 1. Origem dos clones da série CP

CLONE	CRUZAMENTO DE ORIGEM
CP79	TSA644 x CCN51
CP195	TSH1188 x CCN51
CP80	TSA644 x CCN51
CP84	TSA644 x EET390
CP149	TSA644 x CCN51
CP264	SCA6 x ICS1
CP278	TSA644 x ICS95
CP300	[SIC952 x SCA12] x TSH 516
CP302	[SIC952 x SCA12] x TSH 516
CP306	[SIC952 x SCA12] x [EET399 x RB30]
CP309	[SIC952 x SCA12] x [EET399 x RB30]
CP421	CSUL6 x [ICS95 x TSH565]
CP431	CSUL7 x [CCN51 x TSH1188]

Os frutos de cada clone foram selecionados dentre uma parcela com vinte plantas, sendo colhidos cinco frutos de forma aleatória, que foram devidamente identificados. As sementes destes frutos foram extraídas e misturadas para cada clone, e pré-geminadas por 48 horas em serragem esterilizada umedecida. De cada clone foram plantadas 70 sementes em tubetes plásticos contendo aproximadamente 300g de terriço esterilizado. As plântulas foram mantidas em condições de casa-de-vegetação, com irrigação por 20 minutos, 2 vezes ao dia (8 e 16h), exceto em dias quentes, quando era realizada uma irrigação adicional às 12h, durante as quatro semanas que antecederam a inoculação.

4.2.2.Obtenção do inóculo

Os basidiósporos de *Moniliophthora perniciosa* utilizados nas inoculações foram obtidos de vassouras secas colhidas na área experimental da Estação Experimental Arnaldo Medeiros, no Cepec. As vassouras foram levadas ao laboratório, desinfetadas com lavagens rápidas em hipoclorito de sódio a 1%, etiquetadas e penduradas em condições de telado (vassoureiro), onde foram mantidas com um regime diário de 8h de molhamento e 16h de seca.

Os basidiomas maduros produzidos após o período de dormência foram retirados das vassouras, lavados sequencialmente em água destilada, em solução de estreptomicina a 1% e mais duas vezes em água destilada. Posteriormente foram secos em papel absorvente. Dos basidiomas enxutos, retiraram-se os píleos, com auxílio de escalpelo e pinça, em seguida, os píleos foram fixados com vaselina pastosa (Silinol SG) em tampas de vidro, com o himênio

voltado para baixo, sobre um béquer contendo uma solução de glicerina a 16 %, e sob agitação constante, de modo que, ao serem liberados, os basidiósporos caíam sobre a solução. A coleta de basidiósporos foi feita por um período de 20 h. Os cálculos das concentrações de basidiósporos nas suspensões obtidas foram realizados através de um contador de esporos. As suspensões de basidiósporos foram então estocadas em nitrogênio líquido, acondicionadas em tubos criogênicos de 2 mL, até o momento de serem utilizadas, conforme metodologia descrita por Dickstein et al (1987).

Antes de estocar, uma alíquota de 25 μ L de cada uma das suspensões de basidiósporo obtidas foi retirada e espalhada com bastão de vidro sobre a superfície do meio ágar-água a 2 %, em placas de Petri de 5 cm de diâmetro, para avaliar a germinação dos esporos. Decorridas seis horas de incubação a 25 °C, as placas foram retiradas e realizadas a avaliação do número de basidiósporos germinados em 100 observados para cada campo do microscópio ótico, determinando-se a partir daí a porcentagem de basidiósporos germinados. Este procedimento foi realizado tanto no momento da estocagem como também vinte e quatro horas antes da inoculação, quando uma nova alíquota de 25 μ L foi coletada das suspensões estocadas, procedendo-se o teste de germinação para determinação da viabilidade do inóculo.

4.2.3. Inoculação

Das 70 plântulas de cada clone, foram selecionadas em cada época de inoculação, 56 plântulas que apresentavam uniformidade no crescimento e desenvolvimento da gema apical, para serem inoculadas. As plantas excedentes foram posteriormente descartadas.

Um dia antes da inoculação, as plântulas de cada material genético, já selecionadas pelo desenvolvimento da gema apical, tiveram o tamanho de suas folhas reduzido para 1/3, com o auxílio de uma tesoura, a fim de acelerar o crescimento apical e expor a gema apical à infecção, e foram levadas posteriormente para a câmara climatizada, onde foi realizada a inoculação, após 24 h nestas condições de ambiente.

No dia da inoculação, os tubos criogênicos contendo o inóculo foram retirados do nitrogênio líquido e seguiu o protocolo descrito por Dickstein et al. (1987). A concentração de inóculo foi ajustada para 1×10^5 basidiósporos/mL. As suspensões de inóculo utilizadas nesse experimento apresentaram acima de 90% de germinação.

As plântulas foram inoculadas manualmente, com uma micropipeta (Figura 1a), utilizando-se 30 μ L da suspensão do inóculo, na concentração de 1×10^5 basidiósporos mL⁻¹,

depositada na gema apical das plântulas. Após as inoculações as plântulas foram mantidas em câmara climatizada (Figura 1b), por 48 h, com temperatura de 25°C e 100% de umidade relativa. Em seguida foram transferidas para casa-de-vegetação sob condições ambientais e de irrigação controladas, até o final das avaliações.

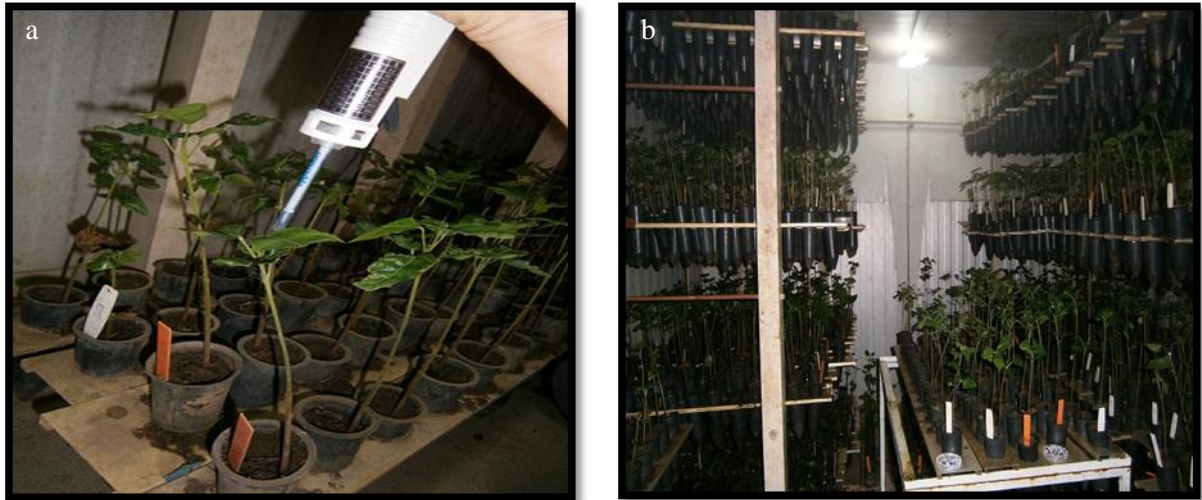


Figura 1. Inoculação das plântulas das progênes de cacauero avaliadas quanto a resistência a *Moniliophthora perniciosa*, 30 dias após o plantio. **a)** Inoculação manual com micropipeta; **b)** Plântulas no interior da câmara úmida após a inoculação.

4.2.4 Análise dos dados, delineamento e avaliações

Foram testadas 15 progênes (13 dos clones + 2 testemunhas), com 4 repetições de 14 plântulas, totalizando 56 plântulas de cada clone, perfazendo um total de 840 plântulas por experimento. O delineamento usado nos experimentos foi de blocos ao acaso e realizado em duas épocas: outubro de 2011 e janeiro de 2012, ambos conduzidos em igualdade de condições.

As progênes foram avaliadas individualmente, a cada semana após a inoculação e, diariamente após o 15º dia de inoculação para registrar o aparecimento dos primeiros sintomas. Sessenta dias após a inoculação foram anotadas as plântulas que apresentaram vassouras. Para a análise dos dados, foram utilizados os escores 1 (presença) e 0 (ausência) de formação de vassoura.

Os procedimentos estatísticos foram realizados pelo programa SISVAR (FERREIRA, 2008). As análises estatísticas avaliaram os efeitos de época, clone e bloco. As diferenças

foram interpretadas por meio do teste F, e o número médio de plantas infectadas por tratamento foi comparada pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

4.3. RESULTADOS

O aparecimento de vassoura nas plântulas teve início, para alguns clones, 20 dias após a inoculação, quando três clones já apresentavam plântulas com este sintoma, entretanto o início dos sintomas ocorreu 10 dias após a inoculação, nestes mesmos clones, sendo possível observar um intumescimento onde, posteriormente, seriam formados os diferentes tipos de vassouras.

O clone CP 278 apresentou duas plântulas com vassoura do tipo axilar, enquanto que o clone CP 195 apresentou quatro plântulas com vassoura desse mesmo tipo. Também, aos 20 dias após a inoculação, o clone CP 84, apresentou duas plântulas infectadas por vassoura do tipo cotiledonar. Os clones CP 79 e CP 80 apresentaram os primeiros sintomas 23 dias após a inoculação, com o surgimento de vassouras do tipo cotiledonar. O início dos sintomas no padrão de resistência utilizado nesse ensaio, SCA6, ocorreu 27 dias após a inoculação, enquanto que no ICS1, padrão de suscetibilidade, somente aos 30 dias após a inoculação. A partir desse período, os demais clones também começaram a apresentar sintomas de vassoura.

No experimento realizado em outubro/2011, houve predominância de vassouras do tipo cotiledonar (Figura 2A) e axilar, enquanto que, no ensaio de janeiro/2012, prevaleceram as vassouras do tipo terminal (Figura 2B)

Considerando como suscetíveis às plântulas que apresentaram presença de qualquer tipo de vassoura, foi realizada a análise de variância (ANOVA) onde, o valor de F foi significativo apenas para a fonte de variação clone. O experimento apresentou coeficiente de variação alto (154,58 %), considerando as duas épocas de inoculação (Tabela 2).

Como não houve diferença estatística entre as duas épocas em que o ensaio foi realizado, os dois ensaios foram analisados conjuntamente com 112 plântulas por progênie (56 de cada experimento), utilizando-se como variável a porcentagem de plantas entre as 112 que apresentaram sintomas de vassoura-de-bruxa após a inoculação (Tabela 3).

Tabela 2. Análise de variância dos clones em relação à resistência à vassoura-de-bruxa, considerando conjuntamente as duas épocas (outubro/2011 e janeiro/2012).

FV	GL	QM
Época	1	3,812 ^{ns}
Clone	14	237,48**
Bloco	3	158,08 ^{ns}
Erro	101	
Total	119	
CV (%)	154,58	
Média geral	0,7916	

** Significativo a 5% pelo teste F. ^{ns} Não- significativo.



Figura 2. Sintomas de vassoura-de-bruxa, quatro semanas após a inoculação: A- vassoura cotiledonar, com encurvamento do caule da plântula em função do intumescimento e alongamento acima do nó cotiledonar; B- vassoura terminal, com intumescimento da gema terminal e formação posterior da vassoura axilar.

Tabela 3. Porcentagem de plântulas com sintomas de vassoura-de-bruxa por progênie dos 15 clones avaliados, 60 dias após a inoculação com *Moniliophthora perniciosa*.

Clone	% de Plântulas Infectadas
195	21,427 a
80	10,713 ab
278	9,821 ab
264	8,928 ab
79	6,250 ab
149	5,357 b
84	5,356 b
ICS1	4,463 b
421	3,570 b
SCA6	2,677 b
302	1,785 b
306	1,785 b
309	0,892 b
300	0,892 b
431	0,892 b

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Como houve efeito de clone, foi realizado o teste Tukey ($p > 0,05$) entre a porcentagem de plântulas infectadas por progênie de polinização aberta de cada clone avaliado e também das testemunhas (Tabela 3).

O clone CP 195 diferiu estatisticamente dos demais, apresentando a maior porcentagem de plântulas infectadas (21,43 %). Já as progênies dos clones CP 80, 278, 264 e 79, foram estatisticamente iguais tanto ao clone CP 195, como aos demais e não diferiram entre si, apresentando uma variação de plântulas infectadas entre 6,25 a 10,71 %, enquanto que as progênies dos clones CP 84, 149, 421, 300, 302, 306, 309 e 431, apresentaram menor incidência de vassoura, com 5,35 a 0,89 % de plântulas infectadas. Os padrões de resistência (SCA6) e de suscetibilidade (ICS1), não diferiram estatisticamente, neste experimento.

Dentre as 15 progênies testadas, incluindo os dois controles, o número médio de plântulas infectadas no experimento corresponde a 6,3, representando um percentual de 0,79 % (ver linha na Figura 3). Sendo assim, as progênies dos clones CP 195, 80, 278, 264 e 79 apresentaram número de plântulas infectadas superiores a média do experimento, enquanto que, outras 10 progênies, dos clones CP 84, 149, ICS1, 421, SCA6, 300, 302, 306, 309 e 431, tiveram porcentagem de plântulas infectadas inferiores à média do experimento.

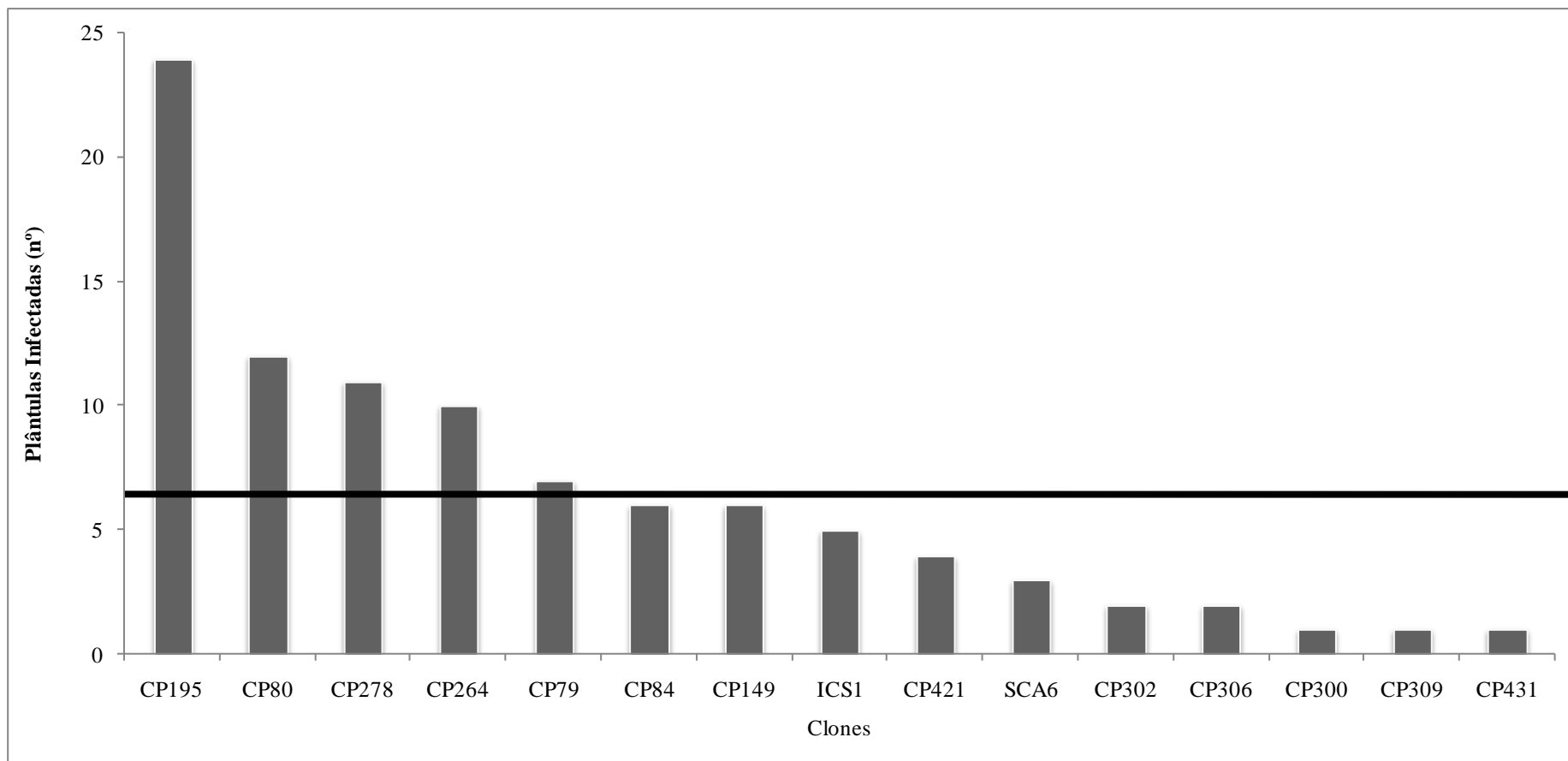


Figura 3. Infecção por *M. perniciosa* em diferentes clones, sessenta dias após a inoculação (1×10^5 basidiósporos mL)

4.4. DISCUSSÃO

Evidenciou-se a existência de variação de resistência entre os materiais testados, embora tenha sido registrado um baixo nível de infecção no experimento, refletido no número médio de plântulas infectadas por *M. pernicioso* - 6,3 % (Figura 3). No entanto, deve-se levar em consideração que os materiais genéticos testado eram progênies de clones oriundos de cruzamentos cujos parentais foram selecionados por apresentar bons níveis de resistência à vassoura-de-bruxa e outras características agronômicas desejáveis.

O alto coeficiente de variação obtido para o experimento, quando os dados das duas épocas de inoculação foram analisados conjuntamente, pode ser atribuído à variabilidade genética dentro das progênies que eram de polinização aberta, a desigualdade no comportamento de crescimento e estágio de desenvolvimento entre as progênies.

Os primeiros sintomas da infecção por *M. pernicioso* surgiram 10 dias após a inoculação, na forma de intumescimento da gema apical, bem como a formação de vassouras aos 21 dias após a inoculação, também já havia sido observado por Surujdeo-Maharaj & Umaharan (2004) ao avaliar a resistência à doença vassoura-de-bruxa em populações clonais e segregantes de *Theobroma cacao*. Surujdeo-Maharaj & Umaharan (2004) ressaltaram que os sintomas mais precoces ocorrem normalmente nos materiais mais suscetíveis. Assim sendo, eles recomendaram o tempo para surgimento dos primeiros sintomas como uma das variáveis a serem avaliadas como componente de resistência no cacaueteiro à vassoura-de-bruxa. Silva et al. (1998), também observaram a formação de vassouras em plântulas de cacaueteiro testadas para resistência a VB após o vigésimo dia da inoculação, notando grande variedade de sintomas nas plântulas, após a terceira e a quinta semana da inoculação com *M. pernicioso*, ao selecionar variáveis na avaliação de progênies de cacaueteiro quanto à resistência a este patógeno. É importante ressaltar que os clones CP 195, 80 e 278, que neste experimento apresentaram as maiores quantidades de plântulas infectadas, também foram as primeiras progênies onde o surgimento de plântulas infectadas por vassoura foi detectado, havendo concordância com o estabelecido por Surujdeo-Maharaj & Umaharan (2004).

De acordo com Silva et al.(2002), em decorrência de inoculações artificiais, na gema apical de diferentes materiais genéticos nos estádios de primeiro e segundo lançamentos foliares, muitos tipos de sintomas podem ser descritos, entre eles, a presença de vassouras terminais e

axilares, que resultam de uma deformação na gema apical, na forma de alongamento e engrossamento, além de vassouras cotiledonares, em que, apesar das inoculações serem feitas na gema apical das plântulas, é relativamente comum que vassouras cotiledonares sejam formadas predominantemente em alguns genótipos, como ocorreu nos materiais CP 79, 84, 80, 264, 431 e 309, que apresentaram esse tipo de vassoura nos dois ensaios avaliados.

A progênie de ICS1, adotada como padrão de suscetibilidade para este experimento, não apresentou a esperada suscetibilidade à população do patógeno usada, tendo apenas cinco plântulas com sintomas da doença no total de 112 plântulas inoculadas. Os frutos podem ter sido oriundos de polinização aberta e assim ter mistura com material genético resistente, o que teria mascarado a expressão de sua suscetibilidade. As progênies de ICS1 já foram consideradas de reação intermediária, em relação à vassoura-de-bruxa (LUZ et al., 1999), entretanto uma progênie mostrou-se altamente suscetível, quando comparada com o SCA6 e SIC23, apresentando a maior porcentagem de sintomas ao ser inoculada com basidiósporos provenientes de diferente municípios da região cacauceira baiana (SILVA, 2009).

A utilização do SCA 6 como padrão de resistência se justifica, pois os clones Scavina são referências históricas de resistência (POUND, 1938, 1943; BARTLEY, 1994) e até recentemente constituíam a principal base das variedades indicadas para plantio comercial na Bahia (PIRES, 2003). Entretanto, é sabido que devido à existência de variações do patógeno detectadas na Bahia, os clones Scavina e seus descendentes podem apresentar comportamento variável nas diversas regiões, evidenciando a necessidade de aumentar as fontes de resistência em programas de melhoramento (PIRES, 2003; GRAMACHO et al., 2005), tendo já sido comprovada a quebra da resistência nestes clones, desde 2005 (PAIM et al., 2006). No entanto, nas inoculações realizadas ao longo do tempo em casa-de-vegetação, o seu comportamento de resistência tem sido mantido (MONTEIRO et al., 2011; SILVA, 2009). No presente experimento o mesmo foi ainda observado, tendo a sua progênie demonstrado resistência quando apresentou apenas três plântulas com sintomas de vassoura-de-bruxa entre as 112 inoculadas.

Os testes de progênies são importantes instrumentos para o trabalho dos melhoristas, sendo utilizados na seleção de indivíduos visando quantificar e maximizar os ganhos genéticos (COSTA et al., 2008). Estudos indicam que o cacaueteiro tem ampla variabilidade para a resistência poligênica a *Moniliophthora perniciosa*, dessa maneira a seleção e o cruzamento de genitores resistentes, resulta na acumulação de resistência do tipo durável. A seleção para a capacidade geral de combinação, objetiva identificar os indivíduos com os maiores valores

genéticos aditivos, sendo praticada por meio da seleção recorrente intrapopulacional (DIAS, 2001).

O clone CP195 é proveniente de um cruzamento entre o TSH1188 x CCN51. O clone TSH1188 ("Trinidad Selected Hybrids") originou-se de cruzamentos envolvendo os clones IMC67, ICS1, SCA6 e P18. Produz frutos vermelhos e com rugosidade áspera (CEPEC, 1987), é autoincompatível e apresenta resistência à vassoura-de-bruxa (LUZ et al., 1997; CEPEC, 2002). O CCN51 ("Coleccion Castro Naranjal") é oriundo de uma planta F1 do cruzamento entre ICS95 x IMC67, cruzado com um clone nativo do oriente equatoriano denominado "Canelos" (BARTLEY, 1986). Este clone produz frutos vermelho-arroxeados quando imaturos, passando a amarelo alaranjado quando maduros, com casca levemente enrugada e sementes com coloração interna púrpura clara, é autocompatível, possui resistência mediana à vassoura-de-bruxa e apresenta alta produtividade (CAMPO & ANDIA, 1997).

Sabe-se que o cruzamento interclonal entre TSH1188 x CCN51, segrega para diversas características, dentre eles a resistência à vassoura-de-bruxa (SANTOS, 2007), entretanto, apesar do clone CP 195 possuir genitores resistentes à vassoura-de-bruxa, nas inoculações artificiais em casa-de-vegetação a sua progênie, oriunda de polinização aberta, apresentou suscetibilidade em relação aos demais clones testados, isso pode ser um indicativo de que, apesar dos seus progenitores possuírem genes de resistência no seu genótipo, não conseguiram transmitir esses genes para sua descendência. Em um estudo que identificou genótipos com alta capacidade geral de combinação quanto à resistência à vassoura-de-bruxa, ficou comprovado que, embora seja resistente, o clone CCN51, não possui alta capacidade geral de combinação (SILVA et al., 2010). Ressalta-se também que o presente experimento foi realizado com sementes provenientes de progênies de polinização aberta, o que certamente aumenta a diversidade genética nas plântulas geradas. É importante também lembrar, que o fato do clone ter sido gerado de um cruzamento, já implica em ampla diversidade para diferentes características, inclusive resistência à vassoura-de-bruxa.

Cinco clones (CP 300, 302, 306, 309 e 431) apresentaram uma baixíssima incidência de vassouras, com porcentagem média de plântulas infectadas variando de 1,78 a 0,89 %. Este era um comportamento esperado, uma vez que descendem de materiais resistentes. Quatro desses materiais (CP 300, 302, 306 e 309) possuem genitores em comum, o SCA 12 e o SCA 6, que são amplamente conhecidos como resistentes à VB. Os clones 300 e 302 ([SIC952 x SCA12] x TSH516) possuem o genitor TSH 516, que é um clone oriundo de Trinidad, descendente também

de SCA6, e que, apresentava alto nível de resistência a VB e excelente produtividade (PINTO & PIRES, 1998).

Os clones CP 306 e 309, são descendentes de cruzamentos entre materiais resistentes, como exemplo o EET 399 que descende do SILECIA 1, uma clássica fonte de resistência, de acordo com Pires (2003), e o RB 30, um material proveniente de Rio Branco, no Acre, que apresenta resistência à vassoura-de-bruxa (WADSWORTH et al., 1997). Já o clone CP 431, tem em sua base genética genes de CCN51 x TSH1188, diferentemente do clone CP 195 que é descendente direto deste cruzamento e que, neste trabalho, não apresentou resistência a VB, teve ótimo desempenho com baixo nível de infecção por *M pernicioso*. CP 431 possui o CSUL7 como um dos genitores. Diversos clones da série Cruzeiro do Sul, foram considerados como resistentes por apresentarem baixa incidência da doença, quando se avaliou sob condições de infecção natural, à campo, os acessos dos bancos de germoplasma do CEPEC quanto à incidência de vassoura-de-bruxa (MARITA et al., 2001). No entanto, o CP 431, nas condições de inoculação em casa-de-vegetação, foi um bom genitor, pois transmitiu os seus genes de resistência para a sua descendência.

Diante dos resultados obtidos, confirma-se que pelo menos as progênies de oito dos 13 clones testados (CP 431, 309, 300, 306, 302, 421, 149, 84) apresentaram bons níveis de resistência à vassoura-de-bruxa, e que, a exceção do CP 195, os seus genitores podem continuar a ser usados como fonte de resistência na composição das populações-base desenvolvidas pelo PMGC. Comprovou-se também, que os níveis de resistência variam de acordo com os progenitores utilizados, que podem apresentar baixa ou alta capacidade geral de combinação, na medida em que transferem os genes de resistência para os seus descendentes. Como o melhoramento para resistência a doenças tem se tornado prioritário em muitos países produtores de cacau, dentre eles o Brasil, estes resultados são importantes, pois direcionam a pesquisa para a seleção de progenitores que poderão ser inseridos no PMGC e também oferecem subsídios aos melhoristas sobre o comportamento dos mesmos em avaliação precoce, possibilitando a eliminação do programa daqueles progenitores que não apresentem boa CGC, no tocante à agregação de genes para resistência a esta importante doença do cacauero.

5. CONCLUSÕES

- 1- Na população-base avaliada foi detectada ampla variabilidade para resistência a *M. perniciosa* e produtividade;
- 2- As progênes: NA33 x RB39 e P4B x RB39, são fontes duráveis de resistência a vassoura-de-bruxa e distintas das tradicionais encontradas na série Scavina;
- 3- As progênes RB36 x CHUAO120, RB36 x ICS1 e RB36 x CA5 são promissoras para produtividade;
- 4- Os clones RB39, RB36, NA33, P4B e CSUL3 possuem alta capacidade geral de combinação e transmitem aos seus descendentes resistência e/ou produtividade, sendo fontes distintas de genes para resistência a vassoura-de-bruxa;
- 5- Os níveis de resistência variaram entre as progênes de 13 clones de uma população-base não estruturada da série CP;
- 6- Oito progênes dos clones da série CP: 431, 309, 300, 306, 302, 421, 149, 84, apresentaram níveis de infecção inferiores à média do experimento (6,3 %), demonstrando resistência;
- 7- Comprovou-se o sucesso da tentativa de acumular genes para resistência a *M. perniciosa* nas progênes da população base estruturada.

REFERÊNCIAS

AIME, M.C.; PHILLIPS-MORA, W. The causal agents of witches' broom and frosty pod rot of cacao (chocolate, *Theobroma cacao*) form a new lineage of Marasmiaceae. **Mycologia**, p. 1012-1022, 2005.

ALBUQUERQUE, P. S. B. et al. Novel sources of witches broom resistance (causal agent *Moniliophthora perniciosa*) from natural populations of *Theobroma cacao* from the Brazilian Amazon. **Euphytica**: Wageningen, v. 172, p. 125-138, 2010.

ALBUQUERQUE, P. S. B. **Mapas de ligação e identificação de locos controladores de características quantitativas (QTLs) associados à resistência a *Crinipellis perniciosa* em acessos de cacauzeiros (*Theobromacacao*) originários da Amazônia brasileira**. 2006. 134 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2006.

ALBUQUERQUE, P.S.B. et al. Doenças do cacauzeiro. In: KIMATI, H. et al. **Manual de fitopatologia**. 4.ed., Piracicaba: Ceres, cap.18, v.2, p.151-164.2005.

ALMEIDA, C. M. V. C. **Correlações entre caracteres no estágio adulto e possibilidade de seleção precoce em híbridos biclonais de cacau (*Theobroma cacao* L.)**. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1991.

ALMEIDA, C. M. V. C.; ALMEIDA, C. F. C. Coleta de cacau Silvestre no Estado de Rondônia, Brasil. **Revista Theobroma**. v17, p.65-92, 1987.

ALMEIDA, C. M. V. C.; VENCOSKY, R.; CRUZ, C. D.; BARTLEY, B. G. D. Path analysis of yield components of cacao hybrids (*Theobroma cacao* L.). **Brazilian Journal of Genetics**, v17, p. 181-186, 1994.

ALMEIDA, L. C.; ANDERBRAN, T. Recuperação das plantações de cacau com alta incidência de vassoura na Amazônia Brasileira. In: Conferência Internacional de Pesquisas em Cacau, 10. Santo Domingo, 1987. Proceedings, Lagos: Cocoa Producers Alliance, 1987. p 337-339.

ALVERSON, W. S. et al. Phylogeny of the core *Malvales*: Evidence from ndhF sequence data. **American Journal of Botany**, v. 86, n. 67, p. 1474-1486, 1999.

ANDEBRHAN, T. **Relação entre a idade do fruto do cacauero e suscetibilidade a *Crinipellis pernicioso***. Informe Técnico Belém: CEPLAC/ CEPEC, 1981. P. 315-317.1981

ANDERBRHANT, T. **Studies on the epidemiology and control of witches' broom disease of cacao in the Brazilian Amazon**. In: Conferência Internacional de Pesquisas em Cacau, 9, Atas, Lagos, 1985. Resumos. Cocoa Producer's Alliance , Lomé, 1985, p. 395- 402.

ANDRADE, M. P. **Ilhéus: Passado e Presente**. 2. ed. Ilhéus: Editus, 2003.

APG II 2003. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG II. The Linnean Society of London, **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 141, p. 399 – 436, 2003.

ATANDA, O. A.; JACOB, V. J. Yield characteristics of *Theobroma cacao* L. with special reference to studies in Nigeria. **Revista Theobroma**, Itabuna, v. 5, n. 3, p. 21-36, 1975.

BAKER, R. E. D.; CROWDY, S. H. **Studies in the witches' broom disease of cocoa caused by *Marasmius pernicioso* Stahel.: Introduction, symptoms and etiology**. Port-of- Spain: ICTA. 28 p. 1943.

BAKER, R. E. D.; HOLLIDAY, P. Witches' broom disease of cocoa (*Marasmius perniciosus* Stahel). **Phytopathological Paper No.:** Mycological Institute.v2, 42 p. Surrey, 1957.

BARTLEY, B. G. D. Cacao, *Theobroma cacao*. **FAO Plant Production and Protection Paper**, Roma, v. 70, p. 25-42, 1986.

BARTLEY, B. G. D.; MONTEIRO, W. R.; CARLETTO, G. A. Comportamento dos clones introduzidos como progenitores de híbridos na Bahia. In: Conferencia Internacional de Investigación en Cacau, 8., 1981, Cartagena. Actas... London: Cocoa Producers' Alliance, 1982. p. 703-712.

BARTLEY, B. G. D. The Genetics of the Diversity. In: **The Genetic Diversity of Cacao and its Utilization**. CABI: Wallingford, p 279-297, 2005.

BASTOS, C. N. Epifitologia, hospedeiros e controle da vassoura-de-bruxa (*Crinipellis pernicioso*) (Stahel) Singer. Boletim Técnico. Ministério da Agricultura. Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira, Ilhéus, n.168, 21p., 1990.

BASTOS, C. N.. Comparação morfológica e patológica de isolados de *Crinipellis pernicioso* (Stahel) Singer. In Belém, CEPLAC/ DEPEA. Informe Técnico. p. 45-49. 1986

BEZERRA, J. L. *Ceratocystis fimbriata* causing death of budded cocoa seedlings in Bahia, Brazil. *Incoped Newsletter* 1:6. 1997.

BEZERRA, J. L. et al. Como produzir Tricovab para controlar a vassoura-de-bruxa do cacau. **Fitopatologia Brasileira**, v.25, p.359.2000.

BEZERRA, J. L. et al. Ocorrência de *Ceratocystis fimbriata* em clones de cacau no estado da Bahia. *Fitopatologia Brasileira* 23: 228 (Resumo 117). 1998.

BORÉM, A. **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa: UFV, p.159-188. 1999.

BUENO, M. Mudança de Cultura. *Revista de Agronegócios da FGV. Agroanalysis* ; Rio de Janeiro, p. 56-58, setembro de 2001.

CARVALHO, C. G. P. et al. Avaliação e seleção de híbridos de cacau em Rondônia. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 36, n. 8, p. 1043-1051, 2001.

CHEESMAN, E. E. Notes on the nomenclature, classification and possible relationships of cacao populations. **Tropical Agriculture**, v.21, p.144- 159, 1944.

COMSTOCK, R.E.; ROBINSON, H.F. Estimation of overage dominance of genes. In: GOWEN, J.W. **Heterosis**. Iowa State: Iowa State College, p.494-516.1952.

COPE, F. W. In: SIMMONDS, N.W. **Evolution of crop plants**, London, Longman, p. 285-289. 1976.

COSTA, J. C. do B. **Progresso da vassoura-de-bruxa em órgãos vegetativos do cacau em Altamira e Tomé- Açu, Pa**. Dissertação Mestrado- Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 52 p.1993.

COSTA, R. B.; RESENDE, M. D. V.; GONÇALVES, P. S.; CHICORRO, J. F.; ROA, R. A. R. Variabilidade genética e seleção para caracteres de crescimento da seringueira. **Bragantia**, Campinas, v.67, n.2, p.299-305, 2008.

CUATRECASAS, J. Cacao and its allies: a taxonomic revision of the genus *Theobroma*. **Contrib. US Nat. Herb**, v.35, p. 377-605, 1964.

DIAS, L. A. S. et al. Performance and temporal stability analyses of cacao cultivars in Linhares, Brazil. **Plantations, Recherche, Développement**, Montpellier, v. 50, n. 5, p. 343-350, 1998.

DIAS, L. A. S.; KAGEYAMA, P. Y. Combining-ability for cacao (*Theobroma cacao* L.) yield components under Southern Bahia conditions. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 90, n. 4, p. 534-541, 1995.

DIAS, L. A. S.; RESENDE, M. D. V. Experimentação no melhoramento. In: DIAS, L. A. S. **Melhoramento genético do cacauero**. Viçosa: L.A.S. DIAS/FUNAPE-UFG, p. 439-492.2001.

DICKSTEIN, E. R.; PURDY, L. H.; FRIAS, G. A. *Crinipellis pernicioso*, the cacao witches' broom fungus: Inoculum production and storage. **Phytopathology**, v. 77, p. 1747, 1987.

ENGELS, J. M. M. A systematic description of cacao clones. III Relationships between characteristics and some consequences for the cacao breeding. **Euphytica**, v.32, p.719-733.1987.

ENRIQUEZ, G. A.; SORIA, J. Estudio de La variabilidad de varias características de las majorcas de cacao (*Theobroma cacao* L.). **Fitotecnia Latino Americana**, v. 3, p. 99-118, 1966.

EVANS, H. C. Pleomorphism in *Crinipellis pernicioso* causal agent witches' broom disease of cocoa. **Transactions of the British Mycological Society**, v.74 p:515-523, 1980.

FAO. **Production Yearbook**. Vol 54. Roma. 2002.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**. Lavras, v. 6, p. 36-41, 2008.

FONSECA, S. E. A.; ALBUQUERQUE, P. S. B. Avaliação de clones de cacau na Amazônia Brasileira em relação a incidência de vassoura-de-bruxa. In: International Cocoa Research Conference, 12. Salvador. Proceedings, Lagos: Cocoa Producers Alliance, p 149-153, 2000.

FRIAS, G.A. An inoculation method to evaluate resistance to witches' broom disease of cacao. Ph.D. Thesis Gainesville, Florida. USA. University of Florida. 111p.1987

GOMES, A. S. da.; PIRES, M. M. de.; FREIRE, C. R. F. **A crise da atividade cacaueteira e a agroindústria do cacau no estado da Bahia, Brasil.** Disponível em: <<http://www.alasru.org>> Acesso em: 25 de jun. 2012.

GRIFFITH, G. W. et al. Autecology and evolution of the witches' broom pathogen (*Crinipellis pernicioso*) of cocoa. **Journal of Plant Pathology**, v.87, 1994.

GRIFFITH, G.; HEDGER, J. N. A novel method for producing basidiocarps of the cocoa pathogen *Crinipellis pernicioso* using a bran-vermiculite medium. **Journal of Plant Pathology**: Netherland , v.99 p-227-230, 1993.

GUYTON, B. **Cocoa market: supply and outlook. Chocolate Manufacturers Association. Production and marketing statistics.** Disponível em:<<http://www.worldcocoafoundation.org/Basics/Market/market.asp>> Acesso em: 12 mai.2012.

ICCO. International Cocoa Organization. **Economy.** Disponível em:<www.icco.org> Acesso em: 5.mai.2012

JACOB, V. J.; ATANDA, O. A. Pod- value studies of Amelonado and Amazon cacao. **Turrialba**.v 23, p. 347-351, 1973.

JOHNSON, R. Genetic background of durable resistance. In: LAMBERTI,F.; WALLER, J. M.;VAN DER GRAAFF, N. A. **Durable resistance in crops.** New York: Plenum Press, p5 -26. 1983.

KIMATI, H. et al. **Manual de Fitopatologia.** São Paulo: Agronômica Ceres, . 3.ed., 1995- 1997.

KNIGHT, C. **Cocoa review: supply and demand trends.** American Cocoa Research Institute. 2000. Disponível em: <<http://www.acricocoa.org/acri/index>>. Acesso em: 11 jun.2012.

KOBAYASHI,R.S. et al. **Caracterização morfológica de frutos e sementes de clones de cacaueteiros (*Theobroma cacao* L.) Silvestres da Amazônia Brasileira.** Boletim Técnico ,Belém, PA, Brasil, CEPLAC/SUPOR.19, 58p, 2001.

KUPPERS, J. R. Some biometrics observations on cacao fruit. **Science**, v.117, p.354-355, 1953.

LE COINTE, P. A Cultura do cacau na Amazônia. Belém, PA, Brasil. **Seção de Fomento Agrícola no Pará**, n.1. v. 33, p. 25-36, 1934.

LOGUERCIO, L. L. et al. Controle biológico das doenças do cacauero. In: **Ciência, Tecnologia e Manejo do Cacauero**. Brasília: CEPLAC/ CEPEC/ SEFIS. Segunda Edição, p: 11-30, 2012.

LUZ, E. D. M. N. et al. Cacau (*Theobroma cacao* L.) Controle de doenças. In: RIBEIRO DO VALE, F. X.; ZAMBOLIM, L. **Controle de Doenças de Plantas—Grandes Culturas**. Viçosa: UFV, v.2.P 617-622.1997.

LUZ, E. D. M. N. et al. Estimativas de danos e perdas causadas por doenças no cacauero.. In: Primeiro Workshop de Epidemiologia de Doenças de Plantas. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2004. v. 1. p. 67-79.

LUZ, E.D.M.N. et al. Vassoura-de-bruxa do cacauero: novos enfoques sobre uma velha doença. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, v. 14, p. 59-111, 2006.

MARIANO, A. H.; YAMADA, M. M.; PEREIRA, M. G. Comportamento de híbridos de cacau sob distintas condições de clima e solo. In: Conferencia Internacional de Investigación en Cacao, 10., 1987, Santo Domingo. Actas. London : Cocoa Producers. Alliance, 1988. p. 627-632.

MARITA, J. M. et al. Analysis of genetic diversity in *Theobroma cacao* with emphasis on witches` broom disease resistance. **Crop Science**, Madison, v. 41, n. 4, p. 1305-1316, 2001.

MENEZES, J. A. de S.; CARMO-NETO, D. A modernização do Agribusiness Cacau. **Fundação Cargill**. 223 p.1993.

MONTEIRO, W. R.; AHNERT, D. Melhoramento Genético do Cacauero. In: **Ciência, Tecnologia e Manejo do Cacauero**. Segunda Edição. Brasília- DF: CEPLAC/ CEPEC/ SEFIS, p 11-30. 2012.

MONTEIRO, W. R.; PIRES, J. L.. Variedade Theobahia Histórico e Características Gerais. ILHEUS BAHIA: CEPLAC/CEPEC, 1995. (Boletim Técnico).

MONTEIRO,W.R. et al. Population breeding activities in Brazil. In: ESKES, A. B.; EFRON, Y. **Global approaches to cocoa germoplasm utilization and conservation**. 1 ed. : CFC/OCCO/IPGRI, v. 1, p.28-34, 2006.

MUSE, R.; COLLIN, H. A.; ISAAC, S.; HARDWICK, K. Effects of the fungus *Crinipellis perniciosus* causal agent of witches` broom disease, on and tissue cultures of cocoa (*Theobroma cacao* L.). **PlantPathology**, vol 45, p-145-154, 1996.

NIELLA, G. R. **Esporulação de *Crinipellis pernicioso* (Stahel) Singer em frutos de cacau no Sudeste da Bahia e sensibilidade “in vitro” a quatro compostos sulfurados.** Dissertação Mestrado- Universidade Federal de Lavras. Lavras, 60 p.1997.

OLIVEIRA, M. L. ; LUZ, E. D. M. N. Principais doenças do cacau e seu manejo. In: Raul René Valle. (Org.). **Ciência, tecnologia e manejo do cacau.** 2 ed. Brasília - DF: MAPA/CEPLAC, 2012, v. 1, p. 187-275

OLIVEIRA, M. L. Seleção de fungicidas *in vitro* e *in vivo* para o controle da vassoura-de-bruxa do cacau na região sul da Bahia. **Agrotropica.** V.12, n. 2, p111-118, 2000.

OLIVEIRA, M. L. Eficácia de fungicidas triazóis no controle da vassoura-de-bruxa do cacau causada por *Crinipellis pernicioso*. **Fitopatologia Brasileira** V29, P.149, 2004 a

OLIVEIRA, M. L. Estrobilurinas: novo grupo de fungicidas com eficácia contra a vassoura-de-bruxa do cacau. **Fitopatologia Brasileira.** V 29, P.285, 2004 b.

OLIVEIRA, M. L.; LUZ, E. D. M. N. **Identificação e manejo das principais doenças do cacau no Brasil.** Ilhéus: CEPLAC/CEPEC/SEFIT, 132p.,2005.

ORCHARD, J. et al. Changes in morphology and measurement of cytokinin levels during the development of witches' broom on cocoa. **Plant Pathology.** vol 43, p-65-72, 1994.

PAIM, V. R. L. et al. Sources of resistance to *Crinipellis pernicioso* in progenies of cacao accessions collected in the Brazilian Amazon. **Scientia Agricola,** São Paulo - SP, v. 63, n. 6, p. 572-578, 2006.

PAULIN,D.;ESKES, A,D. Le cacaoyer: stratégies de sélection. **Plantations.**V 2,p 5-18.1995

PEREIRA, J. L., RAM, A., FIGUEREDO, J. M. de, ALMEIDA, L. C. C. de. Primeira ocorrência de vassoura-de-bruxa na principal região produtora de cacau do Brasil. **Agrotropica,** Itabuna, v. 1, n. 1, p. 79-81, 1989.

PEREIRA, J. L.; VALLE, R. R. Manejo Integrado da vassoura-de-bruxa do Cacau. In: **Ciência, Tecnologia e Manejo do Cacau.** Brasília:CEPLAC/ CEPEC/ SEFIS. Segunda Edição, p: 11-30, 2012.

PEREIRA, M. G.; CARLETTO, G. A.; DIAS, L. A. S. Avaliação de híbridos de cacau nas condições de Linhares-ES. CEPLAC/CEPEC, Ilhéus (Boletim Técnico 150).1987.

PEREIRA, M. G., MONTERIRO, W. R., PIRES, J. L. Melhoramento do cacau. In: PERES FILHO, A. S. A cadeia produtiva do cacau. In: **Agronegócio brasileiro: ciência, tecnologia e competitividade**. 2.ed. Brasília: CNPq, 1998.

PERES FILHO, A. S. A cadeia produtiva do cacau. In: **Agronegócio brasileiro: ciência, tecnologia e competitividade**. 2.ed. Brasília: CNPq, 1998.

PINTO, G. C. P.; MAGALHÃES, W. S.; MARQUES, E. S.; RODRIGUES, E. M. Seleção de matrizes superiores nos cacauzeiros da Bahia, 1969. Proc. II Int. Cocoa Research Conf. P: 105-113

PINTO, L. R. M.; PIRES, J. L. Seleção de plantas de cacau resistentes à vassoura-de bruxa. Ilhéus, CEPLAC/ CEPEC. Boletim Técnico. 181p, 1998.

PIRES, J. L. **Avaliação quantitativa e molecular de germoplasma para o melhoramento do cacauzeiro com ênfase na produtividade, qualidade de frutos e resistência a doenças**. Tese Doutorado- Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 220 p.2003.

PIRES, J. L. et al. A Proposal For Cocoa Breeding. In: 12th International Cocoa Research Conference, 1999, Salvador. Proceedings of the 12th International Cocoa Research Conference., p. 287-292. 1996.

PIRES, J. L. et al. Association among sources of resistance to witches 'broom disease for the increment of the level and durability of the character. In: 16th International Cocoa Research Conference, 2009, Bali, Indonesia. Proceedings of the 16th International Cocoa Research Conference. Lagos/Nigéria: COPAL/CATIE, 2009. p. 431-435

PIRES, J. L. et al. Cocoa Breeding for witches 'broom resistance at CEPEC, BA, Brazil. In: International Workshop on the Contribution of Disease Resistance to Cocoa Variety Improvement, 1999, Salvador, BA. Proceedings of the International Workshop on the Contribution of Disease Resistance to Cocoa Variety Improvement, 1999. p. 910-101.

POUND, F. J. Cacao and witches' broom disease (*Marasmius perniciosus*) of South America, with notes on other species of *Theobroma*. Report on a visit to Ecuador, the Amazon Valley and Colombia, April 1937- April 1938. **Yulle's Printerie**. Espanha. 58p, 1938.

POUND, F. J. The principles of cocoa selection. **Agricultural Society of Trinidad and Tobago**, v32, p. 122-127, 1932.

PURDY, L. H.; SCHMIDT, R. A. Status of cacao witches' broom: biology, epidemiology, and management. **Phytopathology**. v. 34, p.573- 594, 1996.

RANGEL, J. F. CEPLAC/CACAU. ANO 25. Instituto Interamericano de Cooperação para Agricultura IICA. Série Brasil II. Unidade de Informação e Documentação Brasília, 1982. 142p.

RIOS-RUIZ, R. A. Melhoramento para resistência a doenças. In: DIAS, L. A. S. **Melhoramento genético do cacauero**. Viçosa: L.A.S. DIAS/FUNAPE-UFG, p. 439-492.2001.

ROCHA, H. M.; WHEELER, B. E. J. The water balance as na important factor in basidiocarp production by *Crinipellis pernicioso*, the causal fungus of cocoa witch's broom. In: International Cocoa Conference, 8. Proceedings. Cartagena, Colombia. pp 381-386, 1982.

RUINARD, J. Variability of various characters as a factor in cacao selection. **Euphytica**, v10, p.134-146, 1961.

SAS INSTITUTE INC. SAS/STAT User's Guide. Release 6.03. Cary, NC: **SAS Institute Inc**, 1028p, 1988.

SILVA, F. S. **Variabilidade patogênica de *Moniliophthora pernicioso* em três agrossistemas da região cacauera baiana**.Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal)- Universidade Estadual de Santa Cruz, 2009.

SILVA, P. Cacau e lagartão ou vassoura-de-bruxa: registros efetuados por Alexandre Rodrigues Ferreira nos anos de 1785 a 1787 na Amazônia. CEPLAC/CEPEC Boletim Técnico, Volume 146. Ilhéus, BA. 1987. 21p.

SILVA, S. D. V. M. et al. Parent selection for cocoa resistance to witch's broom. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, p. 680-685, 2010.

SILVA, S. D. V. M. et al. Redescrção da sintomatologia causada por *Crinipellis pernicioso* em cacauero. **Agrotrópica**, v.14, n.1, p.1-28, Edição especial, 2002.

SILVA, S. D. V. M. ; MATSUOKA, K. . Histologia da interação *Crinipellis pernicioso* e cacaueros suscetível e resistente à vassoura-de-bruxa. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília - DF, v. 24, n.1, p. 49-53, 1999.

SILVA, S. D. V. M.; LUZ, E. D. M. N.; MATSUOKA, K. . Seleção das variáveis na avaliação de progênies de cacauero (*Theobroma cacao*) quanto à resistência à *Crinipellis pernicioso*. **Agrotropica**. Itabuna, v. 10, n. 2, p. 87-94, 1998.

SORIA, J. The breeding of cacao (*Theobroma cacao*). **Tropical Agriculture Research Series**, v11, p.161-168, 1978.

SURUJDEO-MAHARAJ, S.; UMAHARAN, P. Assessment of Resistance to Witches'- Broom Disease in Clonal and Segregating Populations of *Theobroma Cacao*. **Plant Disease**. V.88, n.8, p. 797-803, 2004.

TOVAR, G. La escoba de bruja del cacao *Crinipellis pernicioso* (Stahel) Singer: descripción de síntomas de la enfermedad. **Agronomia Colombiana**, V.8 n.1, p-227-239, 1991.

TREVIZAN, S. D. P. Mudanças no sul da Bahia associadas a vassoura-de-bruxa do cacau. Proceedings, 8ª Conferência Internacional de Pesquisas em Cacau, Salvador, BA.. pp. 1109-1116. 1996.

URQUHART, D. H. **Cacao**. Editorial SIC, Turrialba, 1963.

VELLO, F.; GARCIA, J. R.; MAGALHÃES, W. S. Produção e seleção de cacaueros híbridos na Bahia. **Revista Theobroma**, Ilhéus, v. 2, n. 3, p. 15-35, 1972.

WENT, F. A. F. C. Krulloten en Verstendevruchten van cacao in Suriname Verch. **K Akad.** Amsterdam, v10, p1-40.1904.

