

AGROTRÓPICA

Volume Especial 2026

60
anos



MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA

© 2026 Ministério da Agricultura e Pecuária.

Todos os direitos reservados. Permitida a reprodução parcial ou total desde que citada a fonte e que não seja para venda ou qualquer fim comercial.

A responsabilidade pelos direitos autorais de textos e imagens desta obra é do(s) autor(es).

Ano 2026.

Elaboração, distribuição, informações:

Elaboração, distribuição, informações:

Ministério da Agricultura e Pecuária

Secretaria de Desenvolvimento Rural

Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira

Centro de Pesquisas do Cacau

Endereço: Esplanada dos Ministérios, Bloco D – 7º andar, Sala 750

CEP: 70043-900 Brasília - DF

Tel.: (61) 3218-3720/3779

e-mail: ceplac.diretoria@agro.gov.br

Coordenação Editorial – Assessoria Especial de Comunicação Social

Editor: Jacques Hubert Charles Delabie.

Coeditora: Karina Peres Gramacho

Editoração eletrônica: Jacqueline C. C. do Amaral.

Agrotropica, v. 1, nº1 (1989)
Ilhéus, BA, Brasil, CEPLAC/CEPEC, 1989

v.

Quadrimestral

Substitui “Revista Theobroma”

1. Agropecuária - Periódico.

CDD 630.5

AGROTRÓPICA é indexada em:

AGRINDEX; THE BRITISH LIBRARY; CAB (i.e. Horticultural Abstracts, Review of Plant Pathology, Forestry Abstracts); AGROBASE; Agricultural and Environment for Developing regions (TROPAG); ULRICH'S INTERNATIONAL PERIODICALS DIRECTORY (Abstract on Tropical Agriculture, Agricultural Engineering Abstracts, Agroforestry Abstracts, Bibliography of Agriculture, Biological Abstracts, Chemical Abstracts, Exerp Medical, Food Science & Technology Abstracts, Indice Agrícola de America Latina y el Caribe, Nutrition Abstracts, Protozool. Abstracts, Review of Applied Entomology, Seed Abstracts, Tropical Oil Seeds Abstracts).



MINISTÉRIO DA AGRICULTURAE PECUÁRIA

CEPLAC - Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira

AGROTRÓPICA. Publicação quadrimestral do Centro de Pesquisas do Cacau (CEPEC)/CEPLAC.

Comitê Editorial:

CEPLAC: Paulo César Lima Marrocos; Uilson Vanderlei Lopes, Karina Peres Gramacho.

UESC: George Andrade Sodré; Quintino Reis de Araújo, Raúl René Valle Melendez

UEFS: Evandro do Nascimento Silva; Elmo Borges Azevedo Koch.

UFSB: Andrei Caique Pires Nunes; Luiz Fernando Silva Magnago.

Editor: Jacques Hubert Charles Delabie.

Coeditora: Karina Peres Gramacho.

Editoração eletrônica: Jacqueline C. C. do Amaral e Selenê Cristina Badaró.

Endereço para correspondência:

AGROTRÓPICA, Centro de Pesquisas do Cacau (CEPEC), 45600-970, Itabuna, Bahia, Brasil.

E-mail: r-agrotropica.ceplac@agro.gov.br

AGROTRÓPICA

Volume Especial Cacau

2026

CONTEÚDO

- 3 Palavra da Ceplac
- 5 Elementos potencialmente tóxicos em solos e amêndoas de cacau em sistemas agroflorestais da Bahia, Brasil (em inglês). **Q. R. de Araujo, J. N. Gattward, J. C. de O. Freitas, S. S. de Almeida, V. C. Baligar.**
- 19 Considerações ecofisiológicas sobre o cultivo do cacaueiro no Cerrado do oeste da Bahia. **L. P. dos Santos Filho, G. A. Sodré, R. R. Valle, P. C. L. Marrocos.**
- 35 Controle químico da podridão-parda do cacaueiro com enfoque na redução do inoculo de *Phytophthora* spp. do solo. **M. L. de Oliveira e L. C. C. de Almeida.**
- 41 Polinização e técnica de infestação artificial do cacaueiro (*Theobroma cacao* L. 1737) com o pulgão *Aphis gossypii* (Glover, 1877), [Hemiptera: Aphididae]. **K. Nakayama.**
- 65 Produção de cacau e a vassoura-de-bruxa na Bahia. **L. P. dos Santos Filho, J. L. Pires, M. A. M. Ruiz, R. R. Valle, J. M. Afonso, P. C. Lima Marrocos, E. S. Freire.**
- 75 Políticas públicas para o "Litoral Sul Bahia" através do Programa Rota do Cacau do Ministério da Integração Nacional. **A. C. C. Zugaib.**
- 89 Relações entre massas de frutos e amêndoas para estimar rendimentos em cacaucultura. **G. A. Sodré, I. D. Nery.**
- 95 Redescritção da sintomatologia causada por *Crinipellis pemiciosa* em cacaueiro. **S. D. V. M. Silva, E. D. M. N. Luz, O. C. de Almeida, K. P. Gramacho e J. L. Bezerra.**
- 119 Philogeografia do patógeno vassoura-de-bruxa na Bahia (em inglês). **K. P. Gramacho, U. V. Lopes, J. L. Pires, J. R. M. Lopes, R. de C. Bahia, L. Mahé.**
- 127 *Trichoderma stromaticum* sp. nov. na produção de basidiomas e infecções de ramos e almofadas florais do cacaueiro por *Crinipellis perniciosa*. **C. N. Bastos.**
- 131 A Formiga Caçarema, *Azteca chartifex spiriti* Forel, 1912 (Formicidae, Dolichoderinae) na Região Cacaueira da Bahia, Brasil: mais de um século de amor e ódio. **J. H. C. Delabie, C. D. Santos, J. T. dos Santos, J. L. dos Santos, L. da S. Bomfim, A. Arnhold, E. B. de A. Koch, C. dos S. F. Mariano.**
- 149 Sistemas agroflorestais com cacaueiro: uma tentativa de busca do desenvolvimento sustentável do Estado do Amazonas, Brasil. **A. M. de Brito, G.C.V. da Silva, M.V.C. de Almeida e P. G. G. de Matos.**
- 161 Sistema cacau-cabruca: conservação de espécies arbóreas da Floresta Atlântica. **D. É. Lobão, S. V. Valeri.**
- 173 Miniestaquia em espuma fenólica: Nova ferramenta para avaliação, de resistência à murcha de *Ceratocystis* em cacaueiro. **D. M. A. Magalhães, G. A. Sodré, E. dos Santos, L. A. Magalhães.**
- 179 Estoque de carbono nos principais solos da Mesorregião Sul baiano, Bahia, Brasil. **E. A. T. Souza, Q. R. de Araujo, A. F. de Faria Filho, S. O. Santana.**
- 189 Sistema agroflorestal com cacaueiros e essências florestais: desempenho agrônomo, clonagem e análise econômica. **C. M. V. C. de Almeida, F. L. de O. Corrêa, A. de A. Lima, A. P. Virgulino, I. P. Xavier.**
- 201 O sistema agroflorestal com foco em água (SAAF): uma nova abordagem para a conservação produtiva e a segurança hídrica. **D. O. Campos, D. E. Lobão, L. P. Santos Filho, J. H. C. Delabie.**
- 215 Seleção de cacaueiros resistentes à vassoura-de-bruxa em fazendas, na Bahia, Brasil - uma retrospectiva histórica (em inglês). **U. V. Lopes, W. R. Monteiro, J. L. Pires, J. B. da Rocha, L. R. M. Pinto.**
- 221 Identificação *in silico* e confirmação via RT-qPCR de genes candidatos ligados a resistência à murcha-de-*Ceratocystis* em cacau (em inglês). **R. M. F. Santos, S. D. V. M. Silva, L. S. L. Lemos, F. Micheli, K. P. Gramacho.**
- 231 Avaliação de clones de cacaueiro quanto a produtividade e incidência de vassoura de bruxa e podridão parda. **M. Macêdo, E. S. Rosa, E. D. M. N. Luz, J. L. Pires.**
- 243 Diversidade genética e herança de características físicas de frutos e sementes do cacaueiro. **J. L. Pires, W. R. Monteiro.**

Volume especial, publicado em agosto de 2026.



MINISTRY OF AGRICULTURE AND LIVESTOCK

CEPLAC - Executive Commission of the Cacao Agriculture Plan

AGROTRÓPICA. Published every four months by the Cocoa Research Center (CEPEC)/CEPLAC.

Editorial Committee:

CEPLAC: Paulo César Lima Marrocos; Uilson Vanderlei Lopes, Karina Peres Gramacho.

UESC: George Andrade Sodré; Quintino Reis de Araújo; Raúl René Valle Melendez

UEFS: Evandro do Nascimento Silva; Elmo Borges Azevedo Koch.

UFSB: Andrei Caique Pires Nunes; Luiz Fernando Silva Magnago.

Editors: Jacques Hubert Charles Delabie.

Coeditor: Karina Peres Gramacho.

Desktop publish: Jacqueline C.C. do Amaral and Selenê Cristina Badaró.

Address for correspondence:

AGROTRÓPICA, Cocoa Research Center (CEPEC), 45600-970, Itabuna, Bahia, Brazil.

E-mail: r-agrotropica.ceplac@agro.gov.br

AGROTRÓPICA

Special Cocoa Volume 2026

CONTENT

- 3 Word from Ceplac
- 5 Potentially toxic elements in soils and cacao beans in Agroforestry Systems of Bahia, Brazil. **Q. R. de Araujo, J. N. Gattward, J. C. de O. Freitas, S. S. de Almeida, V. C. Baligar.**
- 19 Ecophysiological considerations on cocoa cultivation in Cerrado of Western Bahia. **L. P. dos Santos Filho, G. A. Sodré, R. R. Valle, P. C. L. Marrocos.**
- 35 Chemical control of black pod disease of cacao (*Theobroma cacao* L.) with emphasis on the reduction of inoculum of *Phytophthora* spp. from soil. **M. L. de Oliveira e L. C. C. de Almeida.**
- 41 Pollination and artificial infestation technique of cacao (*Theobroma cacao* L.) with the aphid *Aphis gossypii* (Glover, 1877), [Hemiptera: Aphididae]. **K. Nakayama.**
- 65 Cocoa production and witches' broom in Bahia, Brazil. **L. P. dos Santos Filho, J. L. Pires, M. A. M. Ruiz, R. R. Valle, J. M. Afonso, P. C. Lima Marrocos, E. S. Freire.**
- 75 Public policies for the "Bahia South Coast" through the Cocoa Route program of the Ministry of National Integration. **A. C. C. Zugaib.**
- 89 Relations between weight of pods and beans to estimate yield in cocoa farm. **G. A. Sodré, I. D. Nery.**
- 95 Redescription of the symptomatology caused by *Crinipellis perniciosa* in cacao. **S. D. V. M. Silva, E. D. M. N. Luz, O. C. de Almeida, K. P. Gramacho e J. L. Bezerra.**
- 119 Phylogeography of the witches' broom pathogen in Bahia. **K. P. Gramacho, U. V. Lopes, J. L. Pires, J. R. M. Lopes, R. de C. Bahia, L. Mahé.**
- 127 *Trichoderma stromaticum* sp. nov. on the production of basidiomata and on infections of shoots and cushion flowers of cocoa by *Crinipellis perniciosa*. **C. N. Bastos.**
- 131 The "çaçarema" ant, *Azteca chartifex spiriti* Forel, 1912 (Formicidae, Dolichoderinae) in the Cocoa Region of Bahia, Brazil: More than a century of love and hate. **J. H. C. Delabie, C. D. Santos, J. T. dos Santos, J. L. dos Santos, L. da S. Bomfim, A. Arnhold, E. B. de A. Koch, C. dos S. F. Mariano.**
- 149 Agroforestry systems with cacao trees: an attempt to find sustainable development to Amazon State, Brazil. **A. M. de Brito, G.C.V. da Silva, .M.V.C. de Almeida e P. G. G. de Matos.**
- 161 Cocoa-cabruca system: conservation of the atlantic rainforest tree species. **D. E. Lobão, S. V. Valeri.**
- 173 Mini cutting in phenolic foam: new tool to *Ceratocystis* wilt resistance evaluation in cocoa. **D. M. A. Magalhães, G. A. Sodré, E. dos Santos, L. A. Magalhães.**
- 179 Carbon sequestration by the main soils in Middle South, Bahia, Brazil. **E. A. T. Souza, Q. R. de Araujo, A. F. de Faria Filho, S. O. Santana.**
- 189 Agroforestry system with cocoa trees and forest essences: Agronomic performance, cloning and economic analysis. **C. M. V. C. de Almeida, F. L. de O. Corrêa, A. de A. Lima, A. P. Virgulino, I. P. Xavier.**
- 201 The Water-Focused Agroforestry System (WFAS): A new approach to productive conservation and water security. **D. O. Campos, D. E. Lobão, L. P. Santos Filho, J. H. C. Delabie.**
- 215 On farm selection for witches' broom resistance in Bahia, Brazil - a historical retrospective. **U. V. Lopes, W. R. Monteiro, J. L. Pires, J. B. da Rocha, L. R. M. Pinto.**
- 221 In *silico* identification and confirmation by RT-qPCR of candidate resistance genes linked to *ceratocystis* wilt in cacao. **R. M. F. Santos, S. D. V. M. Silva, L. S. L. Lemos, F. Micheli, K. P. Gramacho.**
- 231 Evaluation of cocoa clones as to the productivity and incidence of witches' broom and black pod. **M. Macêdo, E. S. Rosa, E. D. M. N. Luz, J. L. Pires.**
- 243 Genetic diversity and inheritance of physical characteristics of fruits and seeds of the cocoa tree. **J. L. Pires, W. R. Monteiro.**

Special volume, published in August of 2026.

PALAVRA DA CEPLAC

Thiago Guedes Viana

Diretor da CEPLAC

A ciência é construída pela capacidade humana de observar, compreender, inovar e transformar realidades. Em um mundo marcado por desafios cada vez mais complexos, como as mudanças climáticas, a segurança alimentar, a conservação da biodiversidade e a sustentabilidade da produção agrícola, o conhecimento científico torna-se um dos ativos mais estratégicos para o presente e o futuro da humanidade.

É nesse contexto que a revista *Agrotrópica* reafirma sua relevância histórica e institucional como um espaço qualificado de produção, integração e difusão do conhecimento científico voltado à agricultura tropical, aos sistemas agroflorestais, à biodiversidade e ao desenvolvimento sustentável. Ao longo de sua trajetória, a *Agrotrópica* consolidou-se como uma importante vitrine da ciência produzida no âmbito da CEPLAC e de diversas instituições parceiras nacionais e internacionais, contribuindo para fortalecer o diálogo entre pesquisa, inovação, extensão rural e sociedade.

A revista cumpre a missão estratégica de preservar a memória científica institucional, estimular novas agendas de pesquisa e ampliar o alcance do conhecimento técnico-científico produzido nos territórios tropicais.

Esta edição simboliza, mais uma vez, o compromisso da CEPLAC com a ciência, a tecnologia e a inovação como pilares fundamentais para a construção de sistemas produtivos mais resilientes, sustentáveis e conectados aos grandes desafios globais. Temas como conservação produtiva, segurança hídrica, agroflorestas, cabruca, biodiversidade, qualidade ambiental e sustentabilidade da produção demonstram a capacidade da ciência brasileira de gerar soluções concretas e inovadoras para o Brasil e para o mundo. A *Agrotrópica* representa também a força da cooperação científica entre pesquisadores, universidades, instituições públicas, produtores e parceiros estratégicos. Essa integração é essencial para consolidarmos uma agricultura tropical cada vez mais baseada em evidências científicas, inovação e sustentabilidade. “Dos grandes debates globais iniciados na ECO-92, passando pela Rio+20, pela Agenda 2030 das Nações Unidas e chegando à realização da COP30 no Brasil, amplia-se a atenção internacional para temas estratégicos ligados às mudanças climáticas, à conservação da biodiversidade, à segurança hídrica e aos sistemas produtivos sustentáveis.

Nesse cenário, a *Agrotrópica* fortalece ainda mais sua relevância como instrumento de difusão científica voltado aos desafios contemporâneos da agricultura tropical e das agroflorestas. Da primeira Conferência das Partes sobre o Clima COP1, realizada em 1995, em um planeta com cerca de 5,7 bilhões de habitantes, até a COP30, no Brasil, em 2025, em um mundo que já ultrapassa 8 bilhões de pessoas, os desafios ambientais, alimentares e climáticos tornaram-se significativamente mais complexos e urgentes. Esse contexto amplia o interesse e o engajamento em torno da revista, fortalecendo sua visibilidade junto à comunidade científica, instituições de pesquisa, formuladores de políticas públicas e organismos nacionais e internacionais comprometidos com soluções sustentáveis para o futuro do planeta.

Por fim, ao caminharmos para os setenta anos da instituição, CEPLAC 70, na construção da trajetória rumo ao centenário, CEPLAC 100, reafirmamos nossa missão institucional de fortalecer a pesquisa científica, ampliar a difusão do conhecimento e contribuir para uma nova agenda do cacau, da cabruca, das agroflorestas e dos sistemas produtivos tropicais do Brasil. A todos os pesquisadores, autores, revisores, editores e colaboradores que tornam esta publicação possível, registro meu reconhecimento e agradecimento. Boa leitura.

Monaliza Lopes da Silva Sales

Coordenadora-Geral de Pesquisa e Inovação
CEPLAC/SDR/MAPA

A presente edição especial da Revista AGROTÓPICA, publicada por ocasião dos 69 anos da Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (CEPLAC), reúne estudos que refletem a continuidade da produção técnico-científica desenvolvida no âmbito do Centro de Pesquisas do Cacau (CEPEC) e evidenciam a contribuição da Instituição para o avanço da pesquisa agropecuária, da inovação e da geração de conhecimento aplicado à cacauicultura brasileira.

Ao longo de quase sete décadas, a CEPLAC executou assistência técnica e transferência de tecnologia voltadas ao desenvolvimento e aperfeiçoamento da cadeia produtiva do cacau. Nesse período, foram gerados conhecimentos e desenvolvidas tecnologias em áreas estratégicas, como melhoramento genético do cacaueiro, fitossanidade, sistemas agroflorestais, conservação da biodiversidade, manejo sustentável dos recursos naturais e soluções tecnológicas aplicadas às diferentes realidades da produção agrícola.

Os trabalhos reunidos neste volume evidenciam a diversidade das linhas de pesquisa conduzidas pela Instituição e refletem a permanente evolução das agendas científicas dedicadas aos desafios da agricultura tropical. Os estudos abordam temas relacionados à adaptação às mudanças climáticas, à conservação dos recursos naturais, à sustentabilidade dos sistemas produtivos, à sanidade vegetal e à inovação tecnológica, reafirmando a importância da produção científica como fundamento para o aperfeiçoamento das políticas públicas, das práticas produtivas e dos processos de desenvolvimento rural.

A pesquisa científica alcança sua plena relevância quando articulada às ações de desenvolvimento, inovação e transferência de tecnologia, permitindo que o conhecimento produzido seja convertido em soluções, processos e tecnologias aplicáveis pelos diferentes segmentos da cadeia produtiva. Nesse contexto, a interação entre instituições públicas, universidades, centros de pesquisa, organizações parceiras, serviços de assistência técnica e produtores rurais constitui elemento essencial para o fortalecimento das capacidades técnico-científicas e para a consolidação de ambientes de inovação.

A cacauicultura transcende sua dimensão produtiva ao reunir ciência, conservação ambiental, inovação e desenvolvimento territorial. Sua evolução depende da produção contínua de conhecimento, da cooperação entre instituições e da capacidade de desenvolver soluções compatíveis com os desafios técnicos, ambientais e socioeconômicos que caracterizam a agricultura contemporânea.

Esta edição também registra a contribuição de pesquisadores, extensionistas, servidores, produtores rurais, instituições parceiras e colaboradores que, ao longo da história da CEPLAC, participaram da construção de seu patrimônio técnico e científico. A produção do conhecimento constitui um processo contínuo e colaborativo, sustentado pela investigação, pela validação científica, pela cooperação institucional e pela formação de sucessivas gerações de profissionais dedicados ao desenvolvimento da ciência agropecuária.

Celebrar os 69 anos da CEPLAC é reconhecer a continuidade de uma instituição pública dedicada à produção, à difusão e à aplicação do conhecimento científico em benefício da cacauicultura brasileira. Em um contexto marcado pelas mudanças climáticas, pelos desafios da segurança alimentar, pela necessidade de promover o uso sustentável dos recursos naturais e pelo fortalecimento da agricultura, a pesquisa agropecuária permanece como instrumento essencial para a formulação de soluções baseadas em evidências e orientadas ao interesse público.

Ao reunir conhecimentos produzidos em diferentes áreas da pesquisa agropecuária, esta edição especial da AGROTÓPICA amplia o acesso ao acervo técnico-científico da instituição e oferece subsídios à comunidade científica, aos formuladores de políticas públicas, aos profissionais da assistência técnica e extensão rural, aos estudantes e aos diversos segmentos da cadeia produtiva do cacau. Os estudos aqui apresentados têm o propósito de contribuir para o avanço da pesquisa, fortalecer o diálogo entre ciência e inovação e ampliar a difusão do conhecimento técnico voltado ao desenvolvimento sustentável da agricultura brasileira.

POTENTIALLY TOXIC ELEMENTS IN SOILS AND CACAO BEANS IN AGROFORESTRY SYSTEMS OF BAHIA, BRAZIL

**Quintino Reis de Araujo^{1,2}, James Nascimento Gattward², Jôsie Cloviane de Oliveira Freitas³,
Stéphane Sacramento de Almeida², Virupax Chanabasappa Baligar⁴**

¹Cacao Research Center (CEPEC) at the Executive Commission for the Cacao Farming Plan (CEPLAC), 45600-970 Ilhéus, Bahia, Brazil; ²Department of Agricultural and Environmental Sciences (DCAA) at the State University of Santa Cruz (UESC), 45662-000 Ilhéus, Bahia, Brazil; ³Agrarian Sciences and Sustainability Institute at the State University of Goiás, 73900-000 Posse, Goiás, Brazil; ⁴USDA-ARS Beltsville Agricultural Research Center, Beltsville, MD 20705 Maryland, USA.

Cacao farming has made many advances in technology and production systems with the goal of increasing final productivity. However, in some cases, the indiscriminate and/or non-technical use of certain agricultural inputs may compromise the quality of the cacao products, like the presence of heavy metals, or potentially toxic elements, such as cadmium (Cd), barium (Ba), copper (Cu) and lead (Pb), compounds of high toxicity and mostly mutagenic and carcinogenic to humans. This work intends to analyze the influence of local lithology and components of agricultural management on the levels of heavy metals in the soil and cacao beans, looking ahead for future evaluations on the consequences of cacao consumption and on the quality demands of the market. The evaluations were made in 15 cacao cropping systems in Southeast Bahia, Brazil. In these cropping systems, cacao was grown under an agroforestry system locally called ‘cabruca’ or under the shade of rubber or erythrina trees. The results suggest that agricultural practices tend to increase the presence of the heavy metals Cu and Ba in the surface soil layers, reflecting the influence of agricultural inputs, and that the higher content of Cd and Pb in subsurface soil layers reflects the influence of lithology processes. Young soils tend to have higher contents of Cu, Cd and Pb than older soil types. Cacao clone PH-16 accumulated higher Ba than beans of Comum ‘forastero’ cacao; soil Ba had direct correlation with Ba in cacao beans and inverse correlation with copper. Soil cadmium tended to have a direct correlation with barium in cacao beans.

Key words: Heavy metals, tropical soils, *Theobroma cacao*, cacao bean quality, toxic elements.

Elementos potencialmente tóxicos em solos e amêndoas de cacau em sistemas agroflorestais da Bahia, Brasil. O cultivo do cacau tem passado por muitos avanços em tecnologia e sistemas de produção com objetivo de aumentar a produtividade final. Contudo, em alguns casos, o uso indiscriminado de certos produtos agrícolas pode comprometer a qualidade dos produtos de cacau, como a presença de metais pesados, ou elementos potencialmente tóxicos, como o cádmio (Cd), bário (Ba), cobre (Cu) e chumbo (Pb), compostos de alta toxicidade e em sua maioria mutagênicos e carcinogênicos em seres humanos. Este trabalho pretende analisar a influência da litologia local e de componentes do manejo agrícola nos níveis de metais pesados em solos e amêndoas de cacau, fazendo estimativas para futuras avaliações das consequências do consumo de cacau e das demandas do mercado por qualidade. As avaliações foram realizadas em 15 cultivos de cacau no Sudeste da Bahia, Brasil. Nestes cultivos, cacau foi cultivado em um sistema agroflorestal localmente chamado ‘cabruca’ ou sob a sombra de seringueira ou eritrina. Os resultados sugerem que as práticas agrícolas tendem a aumentar a presença dos metais pesados Cu e Ba nas camadas superficiais do solo, refletindo a influência dos produtos agrícolas, e dos metais Cd e Pb em subsuperfície, refletindo a influência dos processos litológicos. Solos mais jovens tendem a ter maiores teores de Cu, Cd e Pb do que solos mais velhos. O clone de cacau PH-16 acumulou mais Ba em amêndoas do que o cacau comum; teores de Ba no solo tiveram relação direta com o teor de Ba nas amêndoas e relação inversa com cobre. O teor de cádmio no solo apresentou relação direta com o teor de bário em amêndoas.

Palavras-chave: Metais pesados, solos tropicais, *Theobroma cacao*, qualidade de amêndoas de cacau, elementos tóxicos.

Introduction

The definitions of “heavy metals” have been modified by several authors (Duffus, 2002). Denominations such as “toxic metals” are also used, although this is still not a precise terminology, since it is the excess that generates toxicity, and some of them, like Cu, Fe, and Zn, are highly dense, can cause toxicity, but are nutrients for humans and plants. Thus, heavy metals can be better described as metal and metalloids associated with environmental pollution, toxicity and adverse effects on biota (Ali and Khan, 2018). However, as this term is considered as part of the language of science (Hubner, Astin and Herbert, 2010), it will be still used in this article.

The metals present in the soil can be classified according to their origin: i) lithogenic: metals originating from a source material; ii) pedogenic: lithogenic metals that have undergone pedogenetic processes; iii) anthropogenic: metals introduced in the soil composition by means of anthropic actions (Kabata-Pendias and Mukherjee, 2007).

The type of rock on which the soil was developed and, mainly, the mineral constituents of its source material have a direct influence on the background levels of metals in the soil, this explains the metal contents found in deeper soil layers. Industrial emissions, effluents, sewage sludge and soil conditioners also contribute to the increase of potentially toxic elements in the soil (Nicholson et al., 2003), this justifies the values found in the top layer of the soil.

Heavy metals can be absorbed by plant roots through specific and/or non-specific transport proteins and transported in the transpiration stream in the xylem from the roots to transpiring shoot parts (Page et al., 2006). After ascension if there is no further redistribution, the heavy metals accumulate primarily in photosynthetically active (transpiring) leaves and can induce oxidative stress, reduce chlorophyll content, and slow down photosynthesis rate (Mourato et al., 2015). The symplastic transport via phloem allows redistribution of absorbed essential and non-essential heavy metals within the plants, depends on the actual source/sink network and on the mobility of each heavy metal.

Cacao bean is the raw material of chocolate, one of the most desired foods in the world. The manufacturing of chocolate involves established strict quality standards, resulting in a strong pressure on the cacao production chain. In the cacao cultivated areas, therefore, an antagonism arises: while there is a challenge of increasing the productivity to fulfil the beans demand, there is a challenge of adding values to cacao production. As the quality of agricultural products is influenced by the naturally occurring contaminants (Edelstein and Ben-Hur, 2018), as well as by contaminants from agricultural inputs (Barański et al., 2014), the pressure on the quality of the cultivated land with cacao trees can be one way of controlling the quality of cocoa beans (Araujo et al., 2014).

Because of global problems in human health through food contamination, the issue of heavy metals in cacao beans is taken very seriously. The Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) labels the chemical elements barium (Ba), cadmium (Cd), copper (Cu) and lead (Pb) as elements that pose a risk to human health, since they are potentially toxic, and humans are frequently exposed to them (ATSDR, 2019). Understanding factors that affect the presence of heavy metals in cacao production systems can support the development of strategies to mitigate the occurrence of these elements in cacao-based foods.

The objective of this study was to evaluate the presence of potentially toxic elements in soils of 15 cacao agroforestry plantations in the Southeast of Bahia state, Brazil, and further assess the interrelationships between heavy metals in soil and their accumulation in cacao beans.

Materials and Methods

Evaluated cacao cropping systems (sites)

From Southeast Bahia major cacao growing region, 15 diversified agroforestry-based cacao farming systems were selected for this study (Table 1 and 2). These field sites cover most representative environments suitable for non-irrigated cacao cropping and include some of the most productive land areas of Brazil.

Table 1. Cacao cropping systems: location, tree composition and soil type of the studied sites (based on Araujo et al., 2013)

Site	Coordinates	Soil Taxonomy	Cropping system	Shade tree/hectare (¹)
1	13° 51' 08" S39° 17' 54" W	Typic Hapludox	Cacao x Rubber tree	400 (rb)
2	13° 46' 07.0" S39° 17' 52.0" W	Typic Hapludox	Cacao x Rubber tree	350 (rb)
3	13° 40' 30" S39° 14' 27" W	Hapludox	Cacao x Rubber tree	150 (rb)
4	13° 45' 21" S39° 20' 25" W	Hapludult	Cabruca	60
5	13° 44' 38" S39° 30' 10" W	Hapludult	Cacao x Erythrina	60 (er)
6	16° 29' 02" S39° 23' 56" W	Hapludult	Cacao x Rubber tree	400 (rb)
7	15° 23' 15.1" S39° 25' 48.6" W	Hapludult	Cabruca	35
8	15° 23' 08" S39° 26' 04" W	Hapludult	Cabruca	35
9	15° 17' 04" S39° 28' 43" W	Hapludult	Cabruca	35
10	14° 31' 14" S39° 15' 45" W	Hapludalf	Cabruca	50
11	14° 51' 36" S39° 14' 42" W	Dystropept	Cabruca	35
12	14° 42' 40.9" S39° 20' 13.2" W	Hapludult	Cabruca	88
13	14° 51' 47" S39° 06' 47" W	Hapludox	Cabruca	70
14	14° 51' 47" S39° 06' 47" W	Hapludox	Cabruca	70
15	14° 46' 08" S39° 13' 26" W	Hapludalf	Cabruca	60

(¹) (rb) = Rubber tree (*Hevea* sp); (er) = Erythrina (*Erythrina* sp); Others, on cabruca = native tropical trees.

Table 2 - Summary of the cropping systems methods and lithology of the studied sites

Site	Liming (1)	Fertilization (2)	Cropping Aspects			Lithology (*)	Main Minerals (*)
			Disease control	Pest control	Weed Control		
1	Y	M	Copper Oxide®	Malathion®	Glifosate®	Enderbite; Metatrondhjemite Metasienite; Metamonzonite; Metamonzodiorite; Metagabronorite.Metasienite; Metamonzonite; Metamonzodiorite; Metagabronorite.	Quartz, Plagioclase, Hypertsenium, Calcium pyroxenium, Potassium feldspar, Biotite, Hornblende Labradorite, Anorthite, Andesine, microcline, Potassium feldspar, hornblende, biotite, Hipertsenium, Quartz, Augite Labradorite, Anorthite, Andesine, microcline, Potassium feldspar, hornblende, biotite, Hipertsenio, Quartz, Augite
2	Y	M and O	-	Thiodan®, Decis® and Tamaron®	Roundaup®	Enderbite; Metatrondhjemite Enderbite; Charnockite	Quartz, Plagioclase, Hipertsenium, Potassium feldspar, Biotite, Hornblende Quartz, Microcline, Hipertsenium, Oligoclase, Augite, Magnetite, Biotite, Hornblende, Plagioclase, Calcium pyroxene, Potassium feldspar
3	Y	M and O	-	Thiodan®, Decis® and Tamaron®	Roundaup®	Conglomeratic Sandstone; Sandy Claystone; Metagabronorite; Orthogranulite.	Aluminosilicates, Quartz, Feldspar Potassium feldspar, Plagioclase, Quartz, Augite, Hipertsenium
4	Y	M and O	-	Thiodan®, Decis® and Tamaron®	Roundaup®	Metagabronorite; Orthogranulite. Quartz Syenite; Syenite.	Potassium feldspar, Plagioclase, Quartz, Augite, Hipertsenium Potassium feldspar, Quartz, Albite, Biotite, Oligoclase, Hornblende, Orthoclase, Microcline, Augite
5	-	M	-	Roundaup®	-	Enderbite; Metabasalt; Metadiorite; Metagabbro; Metanorite. Enderbite; Metabasalt; Metadiorite; Metagabbro; Metanorite.	Quartz, Hipertsenio, Potassium feldspar, Biotite, Hornblende, Augite, Labradorite, Bytownite Quartz, Hipertsenio, Potassium feldspar, Biotite, Hornblende, Augite, Labradorite, Bytownite

Continuation Table 2.

6	-	M and O	-	Decis®	Roundaup®	Monzodiorite; Monzonite; Syenite; Metadiorite; Granitic Gneiss; Tonalitic Orthogneiss.	Biotite, Hornblende, Augite, Quartz, Hipertsenium, Andean, Microcline, Albite, Oligoclase; Hornblende, Biotite, Augite, Microcline, Albite, Oligoclase, Andean, Quartz
7	Y	M	Dithane®, Carbomax®, Endosulfan®	Thamaron®, Malathion®, Parathion®	Roundaup®	Metadiorite; Granitic Gneiss; Tonalitic Orthogneiss. Monzodiorite; Monzonite; Syenite	Hornblende, Biotite, Augite, Microcline, Albite, Oligoclase, Andean, Quartz; Biotite, Hornblende, Augite, Quartz, Hipertsenium, Andean, Microcline, Albite, Oligoclase
8	-	M	Dithane®, Carbomax®, Endosulfan®	Thamaron®, Malathion® and Parathion®	Roundaup®	Enderbite; Metatrandhjemite; Metasienite; Metamonzonite; Metamonzodiorite; Metagabronorite.	Quartz, Plagioclase, Hipertsenium, Calcium pyroxenium, Potassium feldspar, Biotite, Hornblende, Labradorite, Anorthite, Andesine, microcline, Potassium feldspar, hornblende, biotite, Hipertsenium, Quartz, Augite
9	-	M	-	Thiodan®, Decis®, Diptex®	Glifosate®	Metasienite; Metamonzonite; Metamonzodiorite; Metagabronorite. Enderbite; Metatrandhjemite	Labradorite, Anorthite, Andesine, microcline, Potassium feldspar, hornblende, biotite, Hipertsenio, Quartz, Augite; Quartz, Plagioclase, Hipertsenium, Potassium feldspar, Biotite, Hornblende
10	Y	M	-	Decis®	Roundaup®	Enderbite; Charnockite; Conglomeratic Sandstone; Sandy Claystone.	Quartz, Microcline, Hipertsenium, Oligoclase, Augite, Magnetite, Biotite, Hornblende, Plagioclase, Calcium pyroxene, Potassium feldspar; Aluminosilicates, Quartz, Feldspar
11	Y	O	Sucrose and Fermented soup	Manipueira (Cassava)	-	Metagabronorite; Ortogranulite. Metagabronorite; Ortogranulite.	Potassium feldspar, Plagioclase, Quartz, Augite, Hipertsenium; Potassium feldspar, Plagioclase, Quartz, Augite, Hipertsenium
12	-	M	Chemical	Cevin 500®, Stron®	Roundaup®	Quartz Syenite; Syenite.	Potassium feldspar, Quartz, Albite, Biotite, Oligoclase, Hornblende, Orthoclase, Microcline, Augite
13	Y	M	-	Decis®	-	Enderbite; Metabasalt; Metadiorite; Metagabbro; Metanorite. Enderbite; Metabasalt; Metadiorite; Metagabbro; Metanorite.	Quartz, Hipertsenio, Potassium feldspar, Biotite, Hornblende, Augite, Labradorite, Bytownite; Quartz, Hipertsenio, Potassium feldspar, Biotite, Hornblende, Augite, Labradorite, Bytownite
14	Y	M	-	Decis®	-	Monzodiorite; Monzonite; Syenite; Metadiorite; Granitic Gneiss; Tonalitic Orthogneiss.	Biotite, Hornblende, Augite, Quartz, Hipertsenium, Andean, Microcline, Albite, Oligoclase; Hornblende, Biotite, Augite, Microcline, Albite, Oligoclase, Andean, Quartz
15	-	-	-	-	-	Metadiorite; Granitic Gneiss; Tonalitic Orthogneiss.	Hornblende, Biotite, Augite, Microcline, Albite, Oligoclase, Andean, Quartz

(1) Y = yes; (2) M = mineral; O = organic; (*) Source: Geological map of Brazil to the millionth, sheet Sd-24 (CPRM, 2004). Multimedia Encyclopedia of Minerals and Atlas of Rocks (Machado et al., 2003).

Cropping systems and genetic material

Cacao cropping systems selected for this study encompass: ‘cabruca’ (cacao trees under shade of thinned heterogeneous native trees), agroforestry system (cacao inter cropped with Rubber trees) and conventional (cacao under homogeneous shade, mainly of *Erythrina glauca* trees).

The cacao accession in the majority of selected cacao cropping systems was the genotype PH-16, a hybrid resulting from the crossing between the mother genotype PA-150 which belongs to the Mara  n cluster, Parinari IV subcluster, also classified as the Peruvian Upper Amazon Forastero genetic group, and the father genotype ICS 1 which belongs to the Trinitario group, a selection performed by the Imperial College of Tropical Agriculture in Trinidad and Tobago on hybrids resulted from a crossing between the Criollo “native” of Trinidad and Tobago and Forastero genotypes brought from Venezuela (Motamayor et al., 2008; Motilal and Sreenivasan, 2012; Yang et al., 2013; Turnbull and Hadley, 2020). However, two cropping systems (14 and 15) were planted with the Forastero type, Comum cacao, a typical cacao genotype cultivated in Southeast of Bahia state, Brazil for over 200 years, which was used to start plantations in African, South Asian and Oceanian countries (Santos et al., 2015).

Soil Sampling and Method of Analysis

In each study site approximately 1 to 2 hectares of area was selected and subdivided into three equal collection areas, which were characterized by similar soil types and with designated cropping system. From each collection area, 10 discrete samples were collected at random and thoroughly mixed to obtain one uniform homogeneous composite sample. At each of the cropping systems, 3 composite soil samples were collected from 0-15 cm (D1) and 35-50 cm (D2) depths.

Elemental analysis in the soil samples were done by extracting soils with aqua regia (3:1 HCl/HNO₃) using the method described by McGrath and Cunliffe (1985), and elements were quantified by inductively coupled plasma spectrometry.

Pod Sampling, bean fermentation and bean analysis

Pods were collected, during the spring of 2008, within 50 m from the soil identifying points, in the three

collection areas. Thus, the origin of each sample of pods and beans corresponds to a properly identified and classified soil in each study site. Each sample (three for each study site) corresponds to 50 mature cacao pods. Considering all orchards and replicates, 45 composite samples of fruits were obtained for fermentation.

Styrofoam boxes (30 x 20 x 30 cm) with a capacity of approximately 8 kg were used and cacao beans were fermented with mucilage which corresponded to 50 cacao pods. The fermentation process of cacao beans occurred for 168 hours (7 days) with peak temperature of 51  C, occurred on the 3rd day. During the fermentation process, after 48 hours, for oxygenation beans were mixed on daily basis. After being fermented, cacao beans were continuously dried in forced ventilation oven with temperatures ranging between 35 and 45  C for 192 hours (8 days). After drying, the cacao beans contained approximately 7% of moisture. The dry cacao beans were manually peeled with tweezers for a complete separation between the seed coat and endosperm, and only the endosperm (cotyledons and embryo) was milled for chemical analysis. In this study the term dry cacao beans refer to the endosperm of dry cacao beans.

Beans were ground in Wiley mill and passed through 2 mm mesh sieve. Bean samples were digested in nitric-perchloric acid and the elements in extractants were determined by inductively coupled plasma atomic emission spectrometry (ICP-AES) based on the method EPA-3050B (USEPA, 1996).

Statistical analysis

The experiment was designed in a Completely Randomized Block Design (CRBD). The data was submitted to analysis of variance using SAS. The means were compared using the Scheffé test ($p < 0.05$) using R.

Results and Discussion

In different cropping systems, at both soil depths heavy metal contents varied significantly (Table 3). The soil Cu content was higher at D1 than in D2 in 4 out of 15 cropping systems, in only one cropping system was recorded Cu content higher in D2, and in the remaining 10 sites there were no statistically significant differences between the studied soil layers (Table 3).

Table 3. Average content of the metals Cu, Cd, Ba, and Pb (mg kg⁻¹) in soil, at two depths in 15 sites in Southeast Bahia, Brazil

Site	Cu		Cd		Ba		Pb	
	D1*	D2*	D1	D2	D1	D2	D1	D2
1	35.95 BC a	21.35 B b	2.10 AB a	1.35 CD b	26.10 C a	19.40 C a	108.20 A a	103.70 AB b
2	10.45 DE a	11.30 B a	0.95 AB a	1.35 CD a	37.85 BC b	41.90 C a	60.90 BCDE b	93.20 ABCD a
3	32.20 C a	28.05 B b	1.35 AB a	1.40 BCD a	5.15 C a	5.40 C a	93.05 AB a	98.00 ABC a
4	25.40 CD a	18.65 B a	1.1 AB a	0.35 D a	23.65 C a	13.70 C a	48.45 BCDE a	52.00 DE a
5	8.35 DE a	9.30 B a	0.6 B b	1.45 BCD a	99.70 BC a	131.65 BC a	24.05 DE b	69.80 BCDE a
6	3.10 E a	2.80 B a	0.6 B b	1.00 CD a	9.00 C a	9.55 C a	23.00 E b	57.70 CDE a
7	22.65 CD a	19.50 B a	1.55 AB a	1.25 CD a	41.20 BC a	30.40 C b	50.80 BCDE a	51.60 DE a
8	95.60 A a	21.50 B b	1.75 AB a	1.55 BC a	218.55 B a	91.35 BC b	70.85 ABCD a	71.95 BCDE a
9	35.70 BC a	14.50 B b	2.00 AB a	1.55 BC a	28.15 BC a	18.40 C a	81.10 AB a	82.05 ABCDE a
10	20.75 CDE a	20.95 B a	1.75 AB a	1.85 BC a	128.55 BC a	101.70 BC b	58.55 BCDE b	94.05 ABCD a
11	54.35 B b	115.40 A a	2.35 AB b	3.85 A a	58.25 BC a	57.35 C a	70.60 ABCD b	125.50 A a
12	32.85 C a	25.65 B a	2.95 A a	2.55 B a	628.85 A a	358.80 AB b	77.05 ABC a	78.35 BCDE a
13	6.75 DE a	8.60 B a	0.6 B a	0.75 CD a	9.50 C a	6.80 C b	30.10 CDE a	36.45 E a
14	6.75 DE a	8.60 B a	0.6 B a	0.75 CD a	9.50 C a	6.80 C b	30.10 CDE a	36.45 E a
15	20.40 CDE a	15.10 B a	1.40 AB a	1.75 BC a	524.60 A a	569.10 A a	46.30 BCDE b	73.10 BCDE a

* D1 = 0-15 cm; D2 = 35-50 cm. Means with the same letter are not different by Scheffé Test 5%, capital letters for means among lines; small letters for means between columns for each studied element.

Such higher Cu accumulation in D1 layer is possibly related to the adopted cropping method (Table 2). The soil Cu content at Site 8 was nearly four times higher in D1 compared to D2, suggesting high effect of anthropogenic actions in this site (Table 2 and 3). This corroborates with the findings of Reboredo et al. (2018), who stated that the high use of fertilizers, fungicides, herbicides, and insecticides can increase the soil metal contents. In addition, the high affinity of Cu by organic matter (Lockwood et al., 2015), a soil fraction usually more present in the surface layer of the soil, can explain the high accumulation of this element in D1. In organic matter, Cu is adsorbed by humic and fulvic acids forming stable complexes (Medina et al., 2017).

Although the Cu content was higher in D1 in many of the cropping systems, at site 11 the Cu content was more than twice the level in D2 (Table 3 and Figure 1). Site 11 has a young soil (Dystropept), a soil with primary minerals and rocks usually less than two meters from the surface, suggesting the effect of lithology. In addition, site 11 is organically farmed and has no Cu inputs received through conventional agricultural practices, that usually leads to accumulation of Cu at the surface soil layer. However, to state that anthropogenic activities promote higher Cu content in D1 than in D2 in cacao agroforestry

systems, further studies including more organic cropping systems are needed.

Especially in a forest system, it is expected that the soil heavy metal content in D2 will highly correlate with the content in D1, due to the process called biological uplift, where plant available metals are absorbed in deeper soil layers and deposited on the soil surface through litterfall (Blaser et al., 2000; Starr et al., 2003; Bern, Townsend and Farmer, 2005; Kraepiel et al., 2015). However, biological lift is reported as being variable among heavy metals in the forest environment (Kraepiel et al., 2015) and is affected by the differential effect of the biosphere on the heavy metals biogeochemical cycling (Reimann, Fabian and Flem, 2019). A low positive correlation was recorded between soil Cu content in D1 and D2 (Table 4), which suggests the effect of unnatural factors sourcing Cu, that occurred differentially among the sites (Table 2), and differentially affect Cu content in D1 and D2, resulting in reduced correlation. Cu is the only plant nutrient among the evaluated elements in the current study, it is accumulated in cacao beans more than Cd, Ba and Pb (Table 5) and it is highly exported through cacao harvesting which possibly interfere in the edaphic system equilibrium, besides the effect of other anthropogenic activities.

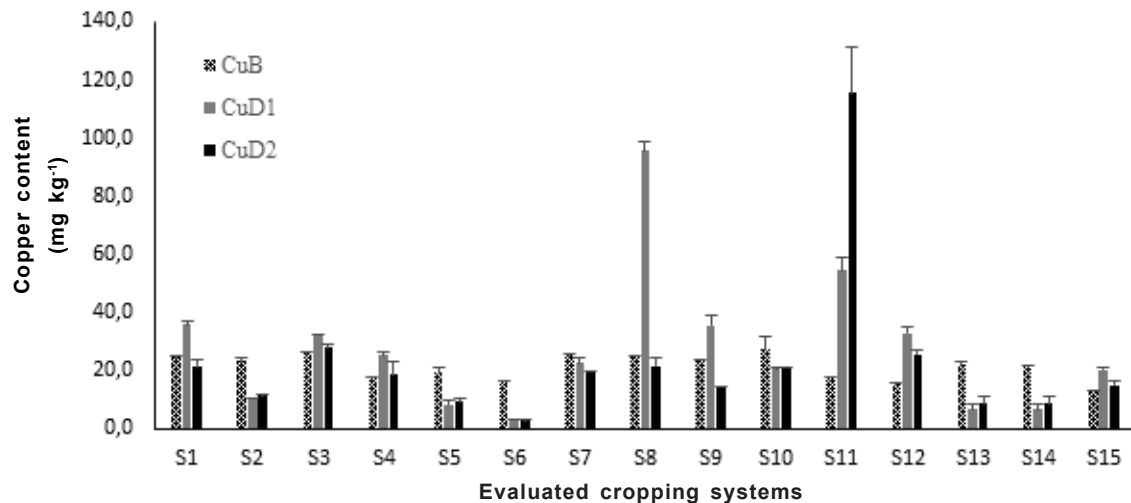


Figure 1. Content of copper (mg kg^{-1}) in the cacao beans (CuB) and in two soil depths, CuD1 (0-15 cm), and CuD2 (35-50 cm) in 15 cacao cropping systems in Southeast Bahia, Brazil.

Table 4. Linear correlation between the metal contents in two soil depths, D1 (0-15 cm) and D2 (35-50 cm), from 15 sites in Southeast Bahia, Brazil

	CuD1	CdD1	BaD1	PbD1	CuD2	CdD2	BaD2	PbD2
CuD1	1	0.60*	0.19 ^{ns}	0.57 *	0.45 ^{ns}	0.43 ^{ns}	0.03 ^{ns}	0.41 ^{ns}
CdD1		1	0.51 *	0.75 *	0.52 *	0.71 *	0.31 ^{ns}	0.61 *
BaD1			1	0.09 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.39 ^{ns}	0.92 *	0.07 ^{ns}
PbD1				1	0.34 ^{ns}	0.37 ^{ns}	-0.04 ^{ns}	0.71 *
CuD2					1	0.83 *	-0.02 ^{ns}	0.65 *
CdD2						1	0.33 ^{ns}	0.74 *
BaD2							1	0.07 ^{ns}
PbD2								1

* significant ^{ns} not significant. Values equal or above 0.5 are considered significant correlation.

Table 5. Metal content in cacao beans (mg kg^{-1}) in 15 sites in Southeast Bahia, Brazil

Site	Cu	Cd	Ba	Pb*
1	24.60 AB	0.45 DEF	4.20 CDE	< 4.3
2	23.10 AB	0.30 EF	3.20 CDE	< 4.3
3	25.90 A	0.25 F	2.30 E	< 4.3
4	17.25 AB	0.70 CDEF	6.45 BCD	< 4.3
5	19.35 AB	0.60 CDEF	5.65 BCDE	< 4.3
6	16.20 AB	0.50 CDEF	2.75 CDE	< 4.3
7	25.25 A	1.35 A	4.65 CDE	< 4.3
8	24.95 AB	0.30 EF	2.65 DE	< 4.3
9	23.50 AB	0.50 DCDEF	3.45 CDE	< 4.3
10	27.10 A	0.30 EF	8.90 AB	< 4.3
11	17.70 AB	0.60 CDEF	11.05 A	< 4.3
12	15.40 AB	0.75 BCDE	11.40 A	< 4.3
13	22.05 AB	0.90 ABCD	6.50 BC	< 4.3
14	21.40 AB	0.95 ABC	4.95 CDE	< 4.3
15	12.97 B	1.20 AB	8.85 AB	< 4.3

Means followed by the same letters in the column are not statistically different by the Scheffé Test 5%.* below the detection content

The soil Cd content was higher at D2 than in D1 in 3 out of 15 cropping systems, in only one site was Cd content higher in D1, in the remaining 11 sites there were no statistically significant differences between the studied soil layers (Table 3).

Cd is easily absorbed and translocated through plant xylem (She et al., 2018), in the biogeochemical cycling it is transported between soil and plant and *vice-versa*. It can be extracted from the system *e.g.* if allocated in harvested plant parts. In the soil it is highly adsorbed to the organic matter and its retention correlates with soil pH, Cation Exchange Capacity (CEC), and specific surface (Tahervand and Jalali, 2016; Yang et al., 2018).

Higher Cd accumulation in D2 layer could be from natural origin rather than any of the anthropogenic activities adopted in the cropping systems. The topsoil layer of site 12 had the highest Cd content (Table 3 and Figure 2) and among the Cd contents at the

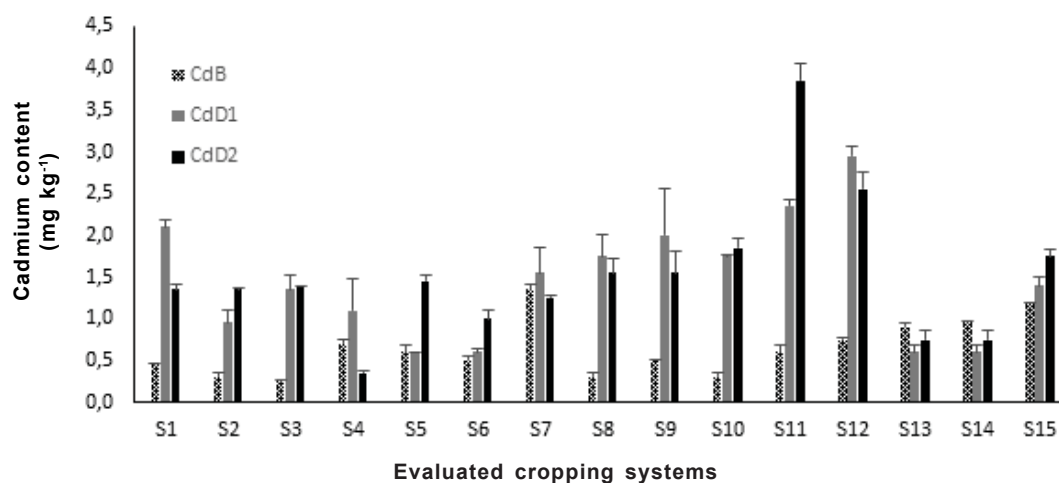


Figure 2. Content of cadmium (mg kg⁻¹) in the cacao beans (CdB) and in two soil depths, CdD1 (0-15 cm), and CdD2 (35-50 cm) in 15 cacao cropping systems in Southeast Bahia, Brazil.

deeper layer the site 11 presented the highest content. Site 11 has a partially weathered soil (Dystropept) suggesting the effect of the local lithology on soil Cd content. This site also presented one of the higher Cd contents in the top layer of the soil (Table 3). This could be caused by the fact that this site was the only one that received phosphorus in the form of ground natural rock phosphate (unpublished data), which is recognized for containing naturally high levels of Cd (Roberts, 2014). Also, litterfall in the biogeochemical cycling may influence the Cd content in the surface soil layer, as shown by the high positive correlation between the Cd content in D1 and D2 (Table 4). Mineral phosphate fertilizers are also recognized as source of Cd (Bizarro, Meurer and Tatsch, 2008) and were used in most of the sites (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14) (Table 2).

The element Ba showed statistically higher content in the top layer of the soil (Table 3 and Figure 3), in six sites (7, 8, 10, 12, 13 and 14). Site 12 had the highest content in the topsoil layer, and site 15 had high content in both soil layers. Ba is usually associated with soil K content due to their similar ionic radii, and thus usually is present in soils with high occurrence with minerals like alkali feldspar and biotite (Madejón, 2013). However, in these cropping systems the detailed information on the nature of mineralogy was not done to confirm such hypothesis. Ba content in D1 highly correlates with its content in D2 (Table 4) suggesting that the occurrence of this heavy metal in D1 is highly

dependent on the lithology and the sourcing through litterfall.

Soil contamination with Pb is a cumulative process, usually irreversible, which makes the increase of the content and the persistent availability for plant absorption (Demir, Pamukcu and Shrestha, 2015; Fabian, Reimann and Caritat, 2017). Except for cropping system 1, in all the other cropping systems higher Pb contents was recorded in subsurface soil layer (CdD2) (Table 3 and Figure 4), and statistically higher Pb levels were observed in D2 in the sites 2, 5, 6, 10, 11, 15. Sites 1 and 3 stand out by the high and similar contents in both layers. The sites 1, 2, and 3 deserve a special consideration due to the high soil Pb contents, and to the existing similarities among these cropping systems with regards to nature of shade trees present, lithology and proximity to each other (Table 1, 2 and 3). Pb content in D2 highly correlates with Pb content in D1 (Table 4), suggesting the effect of litterfall sourcing this element to D1 from D2, through biogeochemical cycling. Pb content in D2 also showed high positive correlation with Cd content in D2 and in D1, and Cu content in D2, but does not show high correlation neither positive nor negative with Cu content in D1, and Ba content in D1 and D2 (Table 4). Pb content in D1 does not show high correlation with any of the other potentially toxic elements evaluated in D2 layer, except with itself, however Pb content in D1 showed high positive correlation with Cu content in D1 and Cd content in D1 layer (Table 4).

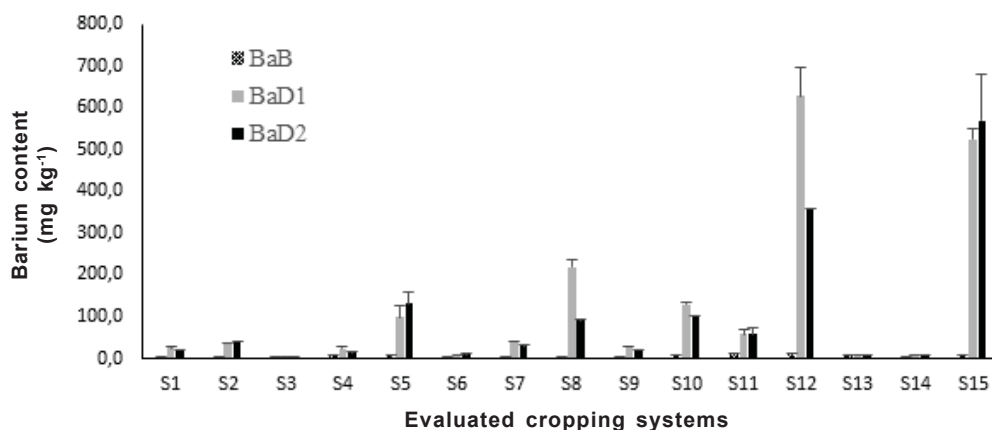


Figure 3. Content of barium (mg kg⁻¹) in the cacao beans (BaB) and in two soil depths, BaD1 (0-15 cm), and BaD2 (35-50 cm) in 15 cacao cropping systems in Southeast Bahia, Brazil.

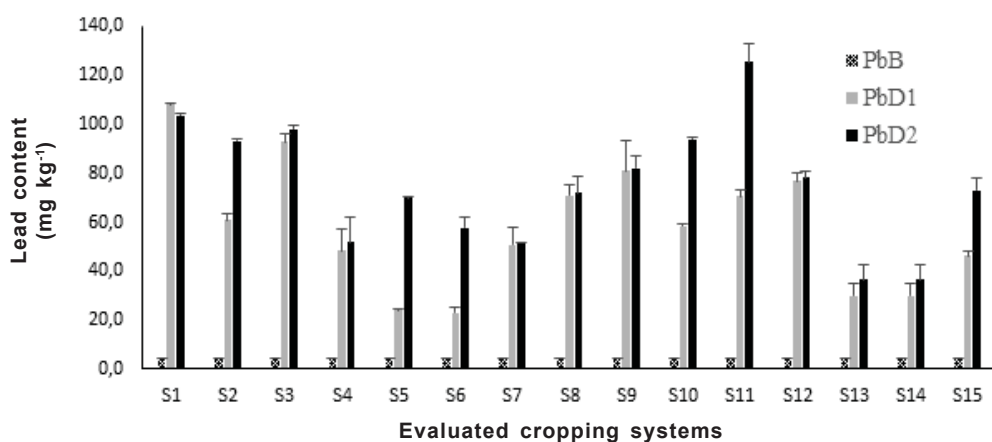


Figure 4. Content of lead (mg kg⁻¹) in the cacao beans (PbB) and in two soil depths, PbD1 (0-15 cm), and PbD2 (35-50 cm) in 15 cacao cropping systems in Southeast Bahia, Brazil.

In general, based on the higher soil heavy metals contents, special attention should be considered with the sites: 1, 2, 3 and 9 (Pb), 11 (Cu, Cd, Pb), 12 (Cd, Ba) and 15 (Ba). Sites 11 and 15, both organically farmed, were situated on the youngest soils and derived from lithology that might be sourcing many mineral elements (desirable or undesirable), and the site 12 had possible effects of high inputs used in adopted conventional agricultural production system (Table 1 and 2).

Most plant species grown in soils contaminated with heavy metals can only limit partially the uptake and translocation of these elements from the root system towards the shoot (Baker, 1981). Cacao tree can absorb heavy metals from soil and accumulate them in seeds (Arévalo-Gardini et al., 2017; Lewis et al., 2018), producing risks to the human consumption of chocolate

and other derived products due to the close relation between chemical composition of the beans and quality of the derived products (Bertoldi et al., 2016).

The site 10 presented the highest content of Cu in the beans (27.1 mg kg⁻¹) (Table 5), statistically equal to the sites 7 (25.2 mg kg⁻¹) and 3 (25.9 mg kg⁻¹). The smallest Cu content in beans was observed at site 15 (12.9 mg kg⁻¹). There was no significant correlation observed between the soil Cu content and the Cu content in the beans (Table 6).

The highest content of Cd in beans was found at the site 7 (1.35 mg kg⁻¹), within the range reported by Chavez et al. (2015) in cacao beans from Ecuador; Ramtahal et al. (2016) in nibs from orchards in Trinidad and Tobago; Gramlich et al. (2018) in cacao beans from Honduras; Arévalo-Gardini et al. (2017) in cacao

Table 6. Linear correlation between the metal contents in cacao beans (B) and in soil (S) in two soil depths (D) in 15 sites in Southeast Bahia, Brazil

D ₁ (0-15 cm)						
	Cu _(s)	Cd _(s)	Ba _(s)	Cu _(B)	Cd _(B)	Ba _(B)
Cu _(s)	1	0.56 *	0.16 ^{ns}	0.23 ^{ns}	-0.27 ^{ns}	-0.03 ^{ns}
Cd _(s)		1	0.48 ^{ns}	0.01 ^{ns}	-0.32 ^{ns}	0.49 ^{ns}
Ba _(s)			1	-0.54 *	0.32 ^{ns}	0.59 *
D ₂ (35-50 cm)						
	Cu _(s)	Cd _(s)	Ba _(s)	Cu _(B)	Cd _(B)	Ba _(B)
Cu _(s)	1	0.83 *	-0.05 ^{ns}	-0.12 ^{ns}	-0.05 ^{ns}	0.51 ^{ns}
Cd _(s)		1	0.31 ^{ns}	-0.14 ^{ns}	-0.06 ^{ns}	0.63 *
Ba _(s)			1	-0.61 *	0.44 ^{ns}	0.56 *

* significant ^{ns} not significant.

samples from Peru; and Zarcinas et al. (2004) in cacao beans produced in Malaysia, while the smallest bean Cd content was found in the site 3. As with Cu, there was no significant correlation observed between the soil Cd content and the Cd content in the beans (Table 6). In a study performed in Trinidad and Tobago, a significant ($P < 0.05$) correlation was found between leaf Cd content and soil Cd content, for both soil Cd extractants, DTPA ($r = 0.66$) or Mehlich 3 ($r = 0.66$), but the relationship was not significant when the soil extractant was aqua regia, like the one that was used in the current study, or nitric acid (Lewis et al., 2021). In the Trinidad and Tobago study, DTPA or Mehlich 3 extracted significantly ($P < 0.05$) lower amounts of Cd from the soil compared to nitric acid or aqua regia, suggesting that these last two extractors extract Cd fractions from soil that are not available for absorption by cacao plants (Lewis et al., 2021).

The higher contents of Ba in the beans were found at the sites 12 (11.40 mg kg⁻¹) and 11 (11.05 mg kg⁻¹) similar to those values reported by Bertoldi et al. (2016). The smallest Ba content was found at the site 3 (2.30 mg kg⁻¹) and was well below to the values verified by Bertoldi et al. (2016) in cacao beans. The Ba values found in the current study were much lower than the values reported in Brazil nuts (96 to 1990 mg kg⁻¹) (Parekh et al., 2008), and similar to the values reported for cereals (6 mg kg⁻¹) (Kabata-Pendias and Pendias, 2001). Positive correlation was observed

between Ba content of soil and beans, and a slightly high significant negative correlation was observed between Ba content in soil and Cu content in beans in both soil depths. Also, the content of Ba in beans presented a positive correlation with the content of Cd in soil but only in the deeper evaluated soil layer (Table 6).

By the adopted analytical method, it was not possible to identify Pb presence in cacao beans, as levels of Pb were lower than detectable levels by the ICP instrument used.

Considering the sites 14 and 15, which were planted with same cacao type-Comum (Forastero) and with similar cropping aspects, but these sites differed in soil types, Hapludox versus Hapludalf, a further comparison was done (Table 7). The cacao beans of Forastero trees grown in a Hapludox (site 14) showed higher Cu contents than those from trees grown in a Hapludalf soil (site 15) (Table 7), possibly since the cacao trees in site 14 were cropped by a conventional method while the trees grown in site 15 were organically farmed. On the other hand, beans from site 15 showed higher content of Cd and Ba, suggesting the effect of the soil age, or the presence of source material close to the surface, on the availability of minerals like Ba, as identified in this study (Table 1, 2 and 3).

In another comparison (Table 8), cacao trees of PH-16 were grown in site 13 and Forastero grown on site 14, both sites had Hapludox soil and Cabruca

Table 7. Content of metals (mg kg⁻¹) in Comum cacao beans in two sites in Southeast Bahia, Brazil

Site	Soil	Cu	Cd	Ba	Pb*
14	Hapludox	21.40 A	0.96 B	4.96 B	< 4.3
15	Hapludalf	12.96 B	1.20 A	8.86 A	< 4.3
C.V.%		5.7	3.7	5.6	-

Means followed by the same letters in the column are not statistically different by the Scheffé Test 5%. C.V. = coefficient of variation. * below the detection content.

Table 8. Content of metals (mg kg⁻¹) in cacao beans of different genetic material at the same soil type (Hapludox) in Southeast Bahia, Brazil

Site	Genetic Material	Cu	Cd	Ba	Pb*
13	PH-16	22.05 A	0.90 A	6.50 A	< 4.3
14	Comum cacao	21.40 A	0.95 A	4.95 B	< 4.3
C.V.		7.28	8.74	9.55	-

Means followed by the same letters in the column are not statistically different by the Scheffé Test 5%. C.V. = coefficient of variation. * below the detection content.

cultivation system (Table 1 and 2). The Ba content of beans of PH-16 were higher than beans of Forastero while Cu and Cd contents were not statistically different. This shows the possible existence of cacao varietal differences in accumulation of heavy metals.

The results showed in this study are from a broad and first evaluation that deserves further and deeper analysis of differences imposed by soil types, cacao varieties and adapted management systems on accumulations of heavy metals by cacao beans.

Conclusion

The conventional cacao cropping methods usually increase the heavy metal (such as Cu and Ba) content in the top layer of the soil, this could be the result of adapting chemical sprays to control disease, insect and weeds and applications of inorganic fertilizers which contain these heavy elements, and the possible excess will end up on top of the soil surface.

The heavy metal Pb and Cd are usually influenced by the lithology, showing generally higher content in the deeper layer of the soil, however some of the results of this study suggest the effect of anthropogenic action and higher accumulation of these elements in the top layer of the soil. Young soils have higher content of Cu, Cd and Pb through their profile. The cacao clone PH-16 accumulated more Ba in the beans than the beans of Comum 'forastero' cacao.

Acknowledgements

This paper is part of the project "Linking soil quality and cacao bean quality in Bahia, Brazil". To run fundamental steps of this research, the corresponding author was supported by the Brazilian National Council for Scientific and Technological Development (CNPq) with a Postdoctoral fellowship.

Our thanks to Marshall Elson for excellent prereview of this paper.

Literature Cited

- ALI, H.; KHAN, E. 2018. What are heavy metals? Long-standing controversy over the scientific use of the term 'heavy metals'- proposal of a comprehensive definition. *Toxicological & Environmental Chemistry* 100:6-19.
- ARAUJO, Q. R. et al. 2014. Cocoa quality index-a proposal. *Food Control* 46:49-54. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2014.05.003>.
- ARAUJO, Q. R. et al. 2013. Soil Classification and Carbon Storage in Cacao Agroforestry Farming Systems of Bahia, Brazil, *Journal of Sustainable Forestry* 32(6):625-647. DOI: 10.1080/10549811.2013.799037.
- AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY - ATSDR. 2019. The ATSDR 2019 Substance Priority List. <https://www.atsdr.cdc.gov/spl/index.html>
- ARÉVALO-GARDINI, E. et al. 2017. Heavy metal accumulation in leaves and beans of cacao (*Theobroma cacao* L.) in major cacao growing regions in Peru. *Science of the Total Environment* 605:792-800. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.06.122>.
- BARAÑSKI, M. et al. 2014. Higher antioxidant and lower cadmium concentrations and lower incidence of pesticide residues in organically grown crops: a systematic literature review and meta-analyses. *British Journal of Nutrition* 112(5):794-811. <https://doi.org/10.1017/S0007114514001366>.
- BAKER, A. J. M. 1981. Accumulators and excluders - strategies in the response of plants to heavy metals. *Journal of Plant Nutrition* 3:643-654. <https://doi.org/10.1080/01904168109362867>
- BERN, C. R.; TOWNSEND, A. R.; FARMER, G. L. 2005. Unexpected dominance of parent? material strontium in a tropical forest on highly weathered soils. *Ecology* 86(3):626-632. <https://doi.org/10.1890/03-0766>.
- BERTOLDI, D. et al. 2016. Multielemental fingerprinting and geographic traceability of *Theobroma cacao* beans and cocoa products. *Food Control* 65:46-53. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.01.013>.
- BIZARRO, V. G.; MEURER, E. J.; TATSCH, F. R. P. 2008. Cadmium content in phosphate fertilizers marketed in Brazil. *Ciência rural* 38:247-250. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782008000100041>
- BLASER, P. et al. 2000. Critical examination of trace element enrichments and depletions in soils: As,

- Cr, Cu, Ni, Pb, and Zn in Swiss forest soils. *Science of the Total Environment* 249(1-3):257-280. [https://doi.org/10.1016/S0048-9697\(99\)00522-7](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(99)00522-7).
- CHAVEZ, E. et al. 2015. Concentration of cadmium in cacao beans and its relationship with soil cadmium in southern Ecuador. *Science of the Total Environment*. 533:205–214. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.06.106>
- CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. 2004. Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo: sistema de informações geográficas-SIG [Geological Map of Brazil 1:1.000.000 scale: geographic information system-GIS]. Brasília: CPRM, 2004. 41 CD Rooms. ISBN 85-7499-009-4. Available at: <http://www.cprm.gov.br/en/>
- DEMIR, A.; PAMUKCU, S.; SHRESTHA, R. A. 2015. Simultaneous removal of Pb, Cd, and Zn from heavily contaminated mine tailing soil using enhanced electrochemical process. *Environmental Engineering Science* 32:416-424.
- DUFFUS, J. H. 2002. “Heavy Metals” – a meaningless term? *Pure and Applied Chemistry* 74:793–807. <https://doi.org/10.1351/pac200274050793>
- EDELSTEIN, M.; BEN-HUR, M. 2018. Heavy metals and metalloids: Sources, risks and strategies to reduce their accumulation in horticultural crops. *Scientia Horticulturae* 234:431-444. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.12.039>
- FABIAN, K.; REIMANN, C.; DE CARITAT, P. 2017. Quantifying Diffuse Contamination: Method and Application to Pb in Soil. *Environmental science & technology* 51:6719-6726. <https://doi.org/10.1021/acs.est.7b00741>
- GRAMLICH, A. et al. 2018. Soil cadmium uptake by cocoa in Honduras. *Science of the Total Environment* 612:370-378. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.08.145>.
- HÜBNER, R.; ASTIN, K. B.; HERBERT, R. J. 2010. ‘Heavy metal’- time to move on from semantics to pragmatics? *Journal of Environmental Monitoring* 12:1511-1514. <https://doi.org/10.1039/C0EM00056F>.
- KABATA-PENDIAS, A.; PENDIAS, H. 2001. Trace elements in soils and plants. 3. ed., CRC Press, Boca Raton.
- KABATA-PENDIAS, A.; MUKHERJEE, A. B. 2007. Trace elements from soil to human. Springer-Verlag, Berlin.
- KRAEPIEL, A. M. L. et al. 2015. Natural and anthropogenic processes contributing to metal enrichment in surface soils of central Pennsylvania. *Biogeochemistry* 123(1-2):265-283. <https://doi.org/10.1007/s10533-015-0068-5>.
- LEWIS, C. et al. 2021. Plant metal concentrations in *Theobroma cacao* as affected by soil metal availability in different soil types. *Chemosphere* 262:127749. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.127749>.
- LEWIS, C. et al. 2018. Genetic variation in bioaccumulation and partitioning of cadmium in *Theobroma cacao* L. *Science of The Total Environment* 640:696-703. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.05.365>.
- LOCKWOOD, C. L. et al. 2015. Leaching of copper and nickel in soil-water systems contaminated by bauxite residue (red mud) from Ajka, Hungary: the importance of soil organic matter. *Environmental Science and Pollution Research* 22:10800-10810. <https://doi.org/10.1007/s11356-015-4282-4>
- MACHADO, F. B. et al. 2003. Enciclopédia Multimídia de Minerais e Atlas de Rochas. [online]. Atlas de mineiras e de rocha Museu Heinz Ebert – USP. Available at: <http://www.rc.unesp.br/museudpm>
- MADEJÓN, P., 2013. BARIUM. In *Heavy Metals in Soils*, Springer, Dordrecht: 507-514.
- MCGRATH, S. P.; CUNLIFFE, C. H. A. 1985. Simplified method for the extraction of metals Fe, Zn, Cu, Ni, Cd, Pb, Cr, Co and Mn from soils and sewage sludges. *Journal of Science of Food and Agriculture, Barking*, 36:794-798. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740360906>.
- MEDINA, J. et al. 2017. Microscopic and spectroscopic characterization of humic substances from a compost amended copper contaminated soil: main features and their potential effects on Cu immobilization. *Environmental Science and Pollution Research* 24:14104-14116. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-8981-x>.

- MOTAMAYOR, J. C. et al. 2008. Geographic and genetic population differentiation of the Amazonian chocolate tree (*Theobroma cacao* L.). PLoS one, 3(10):e3311. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0003311>
- MOTILAL, L. A.; SREENIVASAN, T. N. 2012. Revisiting 1727: crop failure leads to the birth of Trinitario cacao. Journal of Crop Improvement 26(5):599-626. <https://doi.org/10.1080/15427528.2012.663734>
- MOURATO, M. et al. 2015. Effect of heavy metals in plants of the genus Brassica. International journal of molecular sciences 16:17975-17998. <https://doi.org/10.3390/ijms160817975>
- NICHOLSON, F. A. et al. 2003. An inventory of heavy metals inputs to agricultural soils in England and Wales. Science of the total environment 311:205-219. [https://doi.org/10.1016/S0048-9697\(03\)00139-6](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(03)00139-6)
- PAGE, V.; WEISSKOPF, L.; FELLER, U. 2006. Heavy metals in white lupin: Uptake, root-to-shoot transfer and redistribution within the plant. New Phytologist 171:329-341. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2006.01756.x>
- PAREKH, P. P. et al. 2008. Concentrations of selenium, barium, and radium in Brazil nuts. Journal of Food composition and Analysis 21:332-335. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2007.12.001>
- RAMTAHAL, G. et al. 2016. Relationships between cadmium in tissues of cacao trees and soils in plantations of Trinidad and Tobago. Food and Nutrition Sciences 7:37-43. <http://dx.doi.org/10.4236/fns.2016.71005>
- REBOREDO, F. H. et al. 2018. Heavy metal content of edible plants collected close to an area of intense mining activity (southern Portugal). Environmental monitoring and assessment 190, 484. <https://doi.org/10.1007/s10661-018-6844-7>
- REIMANN, C.; FABIAN, K.; FLEM, B. 2019. Cadmium enrichment in topsoil: separating diffuse contamination from biosphere-circulation signals. Science of The Total Environment 651:1344-1355. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.09.272>
- ROBERTS, T. L. 2014. Cadmium and phosphorous fertilizers: the issues and the science. Procedia Engineering 83:52-59. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.09.012>
- SANTOS, E. S. et al. 2015. Genetic structure and molecular diversity of cacao plants established as local varieties for more than two centuries: the genetic history of cacao plantations in Bahia, Brazil. PLoS One 10(12):e0145276. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0145276>
- SHE, W. et al. 2018. Characterization of cadmium concentration and translocation among ramie cultivars as affected by zinc and iron deficiency. Acta Physiologiae Plantarum 40:104. <https://doi.org/10.1007/s11738-018-2670-3>
- STARR, M. et al. 2003. Weathering release of heavy metals from soil in comparison to deposition, litterfall and leaching fluxes in a remote, boreal coniferous forest. Applied Geochemistry 18(4):607-613. [https://doi.org/10.1016/S0883-2927\(02\)00157-9](https://doi.org/10.1016/S0883-2927(02)00157-9)
- TAHERVAND, S.; JALALI, M. 2016. Sorption, desorption, and speciation of Cd, Ni, and Fe by four calcareous soils as affected by pH. Environmental monitoring and assessment 188:322. [Doi.org/10.1007/s10661-016-5313-4](https://doi.org/10.1007/s10661-016-5313-4)
- TURNBULL, C. J.; HADLEY, P. 2020. International Cocoa Germplasm Database (ICGD). [Online Database]. CRA Ltd./ICE Futures Europe / University of Reading, UK. Available at: <http://www.icgd.reading.ac.uk>
- UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - USEPA. 1996. Method 3050 B: Acid digestion of sediment, sludges, and soils. CD-ROM. 3050B -1. Revision 2, Washington, D.C. Available at: <https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-06/documents/epa-3050b.pdf>
- YANG Y. et al. 2018. Can liming reduce cadmium (Cd) accumulation in rice (*Oryza sativa*) in slightly acidic soils? A contradictory dynamic equilibrium between Cd uptake capacity of roots and Cd immobilization in soils. Chemosphere 193:547-556. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.11.061>

- YANG, J. Y. et al. 2013. Complex origin of Trinitario-type *Theobroma cacao* (Malvaceae) from Trinidad and Tobago revealed using plastid genomics. *Tree genetics & genomes* 9(3):829-840. <https://doi.org/10.1007/s11295-013-0601-4>.
- ZARCINAS, B. et al. 2004. Heavy metals in soils and crops in Southeast Asia. *Environmental Geochemistry and Health* 26:343–357. <https://doi.org/10.1007/s10653-005-4669-0>. ●

CONSIDERAÇÕES ECOFISIOLÓGICAS SOBRE O CULTIVO DO CACAUEIRO NO CERRADO DO OESTE DA BAHIA

*Lindolfo Pereira dos Santos Filho¹, George Andrade Sodré², Raúl René Valle²,
Paulo César Lima Marrocos¹*

¹MAPA/CEPLAC/CEPEC, km 22, Rod. Ilhéus/Itabuna. 45600-970, Itabuna, Bahia, Brasil;
lindolfo.filho@agro.gov.br; paulo.marrocos@agro.gov.br

²Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC), Rod. Ilhéus/ Itabuna, km16, 45662-900, Ilhéus, Bahia, Brasil.
gsodre@uesc.br; rvalle@uesc.br

No processo de expansão das fronteiras agrícolas e da pressão da abertura de novas áreas agrícolas no Brasil, o cultivo do cacaueiro se encaixa estrategicamente no contexto de uso sustentável do bioma Cerrado. Nesse processo, espera-se além de obter boa produtividade, promover a conservação da biodiversidade assim como os recursos ambientais e naturais desse bioma. Os objetivos deste estudo foram avaliar as condições meteorológicas para o cultivo do cacaueiro em uma área no município de Barreiras no oeste do estado da Bahia (cerrado baiano) e compreender os fatores que favorecem a produção de cacau neste ambiente. Foram utilizadas variáveis climáticas, como dados horários das Normais Climatológicas: precipitação pluvial (mm), temperatura do ar (°C), temperaturas máxima (°C), temperatura mínima (°C), temperatura do ponto de orvalho e umidade relativa do ar (%). Empregou-se o método indutivo, sustentado por observações técnicas e literatura científica. Dois períodos foram adotados: um chuvoso, de outubro a abril, e outro de escassez hídrica, de maio a setembro. No período úmido, os resultados mostraram que o processo vegetativo (ciclo foliar) e o início do processo reprodutivo do cacaueiro (floração e, especificamente, a bilração ou formação de frutos de até 21 dias de desenvolvimento) podem ser adequadamente ajustáveis às condições meteorológicas. No período seco onde se verificaram temperaturas altas e constantes, práticas de manejo, especialmente a irrigação e a fertilização, tornam-se imperativas. Nesse período, os dados indicam que o subperíodo junho a setembro se apresenta com comportamento atípico em relação às regiões tradicionais produtoras de cacau. Diante das condições agroambientais apresentadas e das variedades clonais disponíveis e já implantadas, sugerem-se estudos para avaliar: o custo/benefício da colheita de duas safras (dois ciclos reprodutivos) por ano agrícola; a adaptação de práticas, tais como tipos de poda, uso de quebra-ventos e estratégias de fertilização e irrigação, que evitem a perda excessiva de água por transpiração; os padrões fenológicos entre clones e condições de manejo; a produtividade da planta em relação ao uso do sombreamento; e a análise dos tipos de irrigação visando à gestão de água em relação à quantidade de água necessária para a produção de folhas e à evapotranspiração.

Palavras-chave: *Theobroma cacao* L., cerrado, biodiversidade.

Ecophysiological considerations on cocoa cultivation in Cerrado of Western Bahia. In the process of expanding agricultural frontiers and responding to the pressure to open new agricultural areas in Brazil, cocoa cultivation strategically fits into the context of sustainable use of the Cerrado biome. This process aims not only to achieve good productivity but also to promote biodiversity conservation and enhance the management of environmental and natural resources in this biome. The aims of this study were to evaluate the meteorological conditions for cocoa cultivation in an area of the municipality of Barreiras, located in the western part of the state of Bahia (Bahian Cerrado), and to understand the factors that favor cocoa production in this environment. Climatic variables utilized included hourly data from Climatological Normals: rainfall (mm), air temperature (°C), maximum temperature (°C), minimum temperature (°C), dew point temperature, and relative humidity (%). The inductive method was employed, supported by technical observations and scientific literature. Two periods were analyzed: a rainy season from October to April and a dry season from May to September. During the

wet season, the results indicated that the vegetative process (leaf cycle) and the onset of the reproductive process of the cocoa tree (flowering and specifically the formation of fruits during the first 21 days of development) can be effectively aligned with meteorological conditions. In the dry season, where high and constant temperatures were observed, management practices, particularly irrigation and fertilization, become essential. During this period, data suggest that the subperiod from June to September exhibits atypical behavior compared to traditional cocoa-producing regions. Given the agro-environmental conditions outlined and the clonal varieties currently available and established, further studies are recommended to evaluate: the cost-benefit of harvesting two crops (two reproductive cycles) per agricultural year; the adaptation of practices such as pruning methods, the use of windbreaks, and strategies for fertilization and irrigation that minimize excessive water loss through transpiration; the phenological patterns among clones and their management conditions; the productivity of the plants in relation to shading practices; and the analysis of irrigation types aimed at effective water management concerning the water needed for leaf production and evapotranspiration.

Key words: *Theobroma cacao* L., cerrado, savanna, biodiversity.

Introdução

A ecorregião do Cerrado brasileiro possui elevada diversidade de plantas adaptadas às diferentes fitofisionomias e respondem estrutural e funcionalmente aos fatores estressantes bióticos e abióticos (Gusson, 2017).

A biodiversidade do cerrado, em particular sua riqueza em espécies endêmicas, é reconhecida mundialmente. Segundo o Ministério do Meio Ambiente MMA, o cerrado possui a savana biologicamente mais rica do mundo, abrigando 11.627 espécies de plantas nativas. É também reconhecido como a “*caixa d’água do Brasil*”, uma vez que acolhe as nascentes de rios de oito importantes bacias hidrográficas do país, em particular, três das maiores bacias da América do Sul (Amazônica/Tocantins, São Francisco e Prata), o que resulta em um elevado potencial aquífero.

Entretanto, ainda de acordo com o MMA, depois da Mata Atlântica, este bioma “*é o que mais sofreu alterações com a ocupação humana ou expansão da fronteira agrícola brasileira. Com a crescente pressão para a abertura de novas áreas, visando incrementar a produção de carne e grãos para exportação, tem havido um progressivo esgotamento dos recursos naturais da região*”.

Por ser uma importante atividade econômica e agroflorestal tropical, o cultivo do cacaueiro integra o processo de expansão e pressão da abertura de novas áreas agrícolas no Brasil. No entanto, estrategicamente, esse cultivo se encaixa no programa destinado à conservação e ao uso sustentável do bioma (Decreto 5577/2005), viabilizando reverter os impactos socioambientais negativos desta região, ou seja, promover aumento da conservação da biodiversidade

e melhorar o manejo dos recursos ambientais e naturais do bioma Cerrado.

Neste sentido, a cacauicultura se posiciona como uma atividade estratégica de conservação e de uso sustentável do bioma cerrado, além de participar do plano de expansão da produção de cacau no Brasil, como modelo econômico inovador e de elevado valor agregado.

Contudo, especialistas entrevistados na Comissão Executiva de Recuperação da Lavoura Cacaueira - CEPLAC observam que, no Brasil, ainda é bastante reduzido o número de estudos avaliando o cultivo do cacaueiro em regiões marginais aos biomas Mata Atlântica e Amazônica, especialmente nas áreas do Cerrado.

Pesquisas têm demonstrado que o cultivo do cacaueiro é sensível ao estresse hidrotérmico, em especial ao déficit de pluviosidade, de umidade do solo e da temperatura, e dependente da aplicação intensiva de água e de nutrientes (Sodré et al., 2017). No entanto, com boas práticas de manejo, disponibilidade de recursos hídricos e reposição de nutrientes, admite-se que o cultivo do cacaueiro é viável economicamente em ambiente sob sombreamento mínimo ou mesmo a pleno sol.

Considerando que, em climas semiúmidos, o gerenciamento de práticas adequadas de manejo e o reabastecimento de recursos hídricos e nutricionais sustentam os desafios e a necessidade estratégica da produção de cacau, objetivou-se compreender a ecofisiologia do cacaueiro, em particular, analisar a relação entre o funcionamento (vegetativo e reprodutivo) e as relações hídricas em ambiente de cerrado no estado da Bahia, em uma área do município de Barreiras - BA.

Material e Métodos

No cerrado baiano, especificamente no município de Barreiras-BA (AMB), as condições meteorológicas se caracterizam pelo clima tropical semiúmido, tipo Aw, classificação de (Köppen, 1936).

Utilizaram-se dados de três estações meteorológicas, uma convencional e duas automáticas. Cada estação meteorológica pode representar condições de clima de um raio de 150 km (Rodrigues et al. (2022) citando Fiorin e Ross, 2015; Almeida, 2016).

Das estações automáticas foram obtidos dados horários históricos, segundo o Instituto Nacional de Meteorologia – Inmet, estação climatológica, A402, localizada na latitude: -12.12472221, longitude: -45.02694443, altitude: 474.17, Barreiras - BA (AMB), durante o período de 01/01/2002-31/12/2023. Em relação às fontes Weatherspark.com and Cedar Lake Ventures, Inc. (2018), o período utilizado foi primeiro de janeiro de 1980 a 31 de dezembro de 2016. Ambos os bancos de dados se compõem das variáveis: precipitação pluvial (mm), temperatura do ar (°C), temperaturas máxima (Tmax °C), temperatura mínima (Tmin °C), umidade relativa do ar (UR%) e temperatura do ponto de orvalho (°C). Quanto à consistência dos dados (Inmet), dias com menos de 20 registros foram descartados, o que significou 17,3% de todos os horários possíveis do período (33.432 de 192.840 horários de registros). Tal descarte não foi limitante aos objetivos e resultados do estudo.

Os dados climatológicos da Região Sudeste da Bahia (RCB) foram obtidos da estação convencional agroclimatológica da Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira/Centro de Pesquisas do Cacau - CEPLAC/CEPEC, km 22 Rodovia Ilhéus-Itabuna, (14°45'15"S e 39°13'59"W) em Ilhéus, Bahia, Brasil. A estação está situada a 6 km da cidade de Itabuna - BA, aproximadamente no centro da região, onde se concentra o cultivo tradicional do cacauzeiro sob a sombra de árvores maiores. Os dados meteorológicos da RCB foram utilizados por oferecer as condições meteorológicas de referência ao cultivo do cacauzeiro, durante o período 01/01/1990 a 31/12/2023.

Considerou-se que as áreas de cultivo do cacauzeiro na AMB adotam a ambiência a pleno sol, enquanto as da RCB são sob árvores de sombra.

Explorou-se a influência que as condições do ar, especialmente a temperatura e a umidade relativa do ar, exercem sobre o conforto térmico dos humanos, fazendo analogia com os cacauzeiros. Utilizou-se o índice de calor¹ (Tabela 1) que visa determinar a intensidade do calor que uma pessoa sente, variando em função da temperatura e da umidade relativa do ar.

$$IC = \frac{5}{9} (c_1 + c_2T + c_3R + c_4TR + c_5T^2 + c_6R^2 + c_7T^2R + c_8TR^2 + c_9T^2R^2)$$

Onde,

IC = índice de calor (em graus Celsius)

T = temperatura (em graus Fahrenheit) $\Rightarrow T^{\circ}F = 1,8 * T^{\circ}C + 32$

R = umidade relativa (em porcentagem)

Índice	Parâmetros	Índice	Parâmetros	Índice	Parâmetros
c ₁	-42.3790000	c ₄	0.22475541	c ₇	0.00122874
c ₂	2.04901523	c ₅	-0.00683783	c ₈	0.00085282
c ₃	10.14333127	c ₆	-0.05481717	c ₉	-0.00009990

Tabela 1 - Níveis de alerta e possíveis sintomas fisiológicos em humanos, de acordo com o Índice de Calor¹ (temperaturas à sombra)

Temperatura	Notas
27-32 °C	Cuidado - possibilidade de fadiga após exposição e atividade prolongadas
32-41 °C	Cuidado extremo - hipertermia e câimbras de calor possíveis
41-54 °C	Perigo - hipertermia e câimbras de calor prováveis
> 54 °C	Perigo extremo - hipertermia e câimbras de calor iminentes

Seguiram-se os fundamentos de que, no período da madrugada, são maiores as probabilidades de ocorrência natural do orvalho e da temperatura mínima (Varejão-Silva, 2001). Desse modo, combinou-se a temperatura que regula a velocidade das reações metabólicas da planta e a umidade do ar, que proporciona a presença de água na forma líquida sobre as folhas. Avaliou-se, com o uso da depressão da temperatura do ponto de orvalho (DPO) as semelhanças entre o município de Barreiras-AMB, localizado na região oeste e o município de Itabuna, região Sudeste da Bahia (RCB).

¹https://pt.wikipedia.org/wiki/%C3%8Dndice_de_calor#:~:text=O%20%C3%ADndice%20de%20calor%20visa,a%20temperatura%20aparente%20do%20ar. Acesso: 17/05/2024.

Adotou-se a equação 1 para definir o balanço hídrico:

$$Ch + I = -(Et + \Delta M) \quad (\text{Eq. 1})$$

Onde:

Ch = Precipitação pluvial

I = Irrigação

Et = Evapotranspiração

ΔM = Variação de armazenamento de água.

No cálculo do DPO, utilizaram-se as equações 2, 3 e 4 de Tetens (Silva et al., 2016). Os DPO foram classificados em três faixas: $\leq 2,0$ °C; entre 2,0 e 3,8 °C e; $> 3,8$ °C. Avaliou-se também a sequência de horas em que a DPO permaneceu nestas faixas. Segundo esses mesmos autores, adotam-se 2 °C para a deposição do orvalho e 3,8 °C para sua secagem, mas essa faixa depende do cultivo.

Pressão de saturação de vapor (e_s (kPa))

$$e_s \text{ (kPa)} = 0.61 * 10^{((7.5 * Tar) / (237.3 + Tar))} \quad (\text{Eq. 2})$$

Pressão parcial de vapor (e_a (kPa))

$$e_a \text{ (kPa)} = e_s * UR * 0.01 \quad (\text{Eq. 3})$$

Temperatura do ponto de orvalho

$$To \text{ (}^\circ\text{C)} = (237.3 * \log(e_a / 0.61) / (7.5 - \log(e_a / 0.61))) \quad (\text{Eq. 4})$$

Depressão do ponto de orvalho

$$DPO \text{ (}^\circ\text{C)} = Tar - To \quad (\text{Eq. 5})$$

Onde:

Tar = temperatura do ar (°C)

UR = umidade relativa (%).

Enquadraram-se os processos vegetativo e reprodutivo dos cacaueiros, com base nas normas climatológicas do município de Barreiras-BA, empregando-se o método indutivo, sustentado por observações técnicas e publicações científicas e, em particular, os documentos "Considerações sobre a fenologia de lançamento foliar, floração e frutificação do cacaueiro na região Sudeste da Bahia" (Santos Filho et al., 2020) e "Ecofisiologia do Cultivo do Cacaueiro. Ciência, Tecnologia e Manejo do Cacaueiro" (Muller e Valle, 2012).

Na preparação dos dados, definiu-se a safra agrícola do cacaueiro (ciclos vegetativo e reprodutivo) de outubro de determinado ano a setembro do ano seguinte (Cazorla et al., 1989). Conforme Cazorla et al. (1989), considerou-se que: o desenvolvimento dos frutos ocorre em cinco fases: bilro (Figura 1), fruto pequeno, médio, adulto e maduro, e também que o processo vegetativo do cacaueiro (lançamento foliar e floração) do ano agrícola na RCB começa na primavera; que no mês de agosto aumenta a intensidade do lançamento foliar, se intensifica em setembro e atinge o pico em outubro-novembro, decrescendo até julho. A floração segue essa mesma trajetória deslocada de aproximadamente 30 dias para frente. O perfil sazonal da produção de frutos bilros (frutos até 21 dias de desenvolvimento) na região Sudeste da Bahia é uma particularidade. Segundo Cazorla et al. (1989) ao longo do ano agrícola, os processos de produção são superpostos e definem as safras temporã e principal (Figura 1).

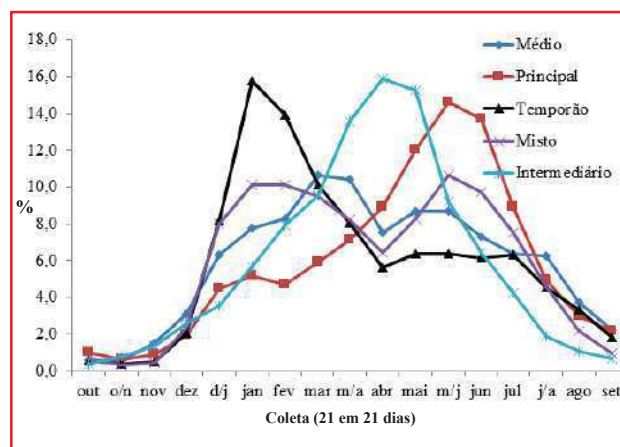


Figura 1. Padrões de perfis do fruto bilro na região cacaueira da Bahia. (Fonte: CEPLAC/Cepec). Período 1987-2019.

Dados, gráficos e tabelas foram organizados e analisados com o auxílio do software Excel para Windows. Para calcular a razão de mistura, utilizou-se a calculadora de umidade da Vaizala (<https://humiditycalculator.vaisala.com>). Nas Tabelas 3, 4 e 8, usou-se o procedimento "Formatação condicional do Excel" com estilo de formatação escala tricolor para ponto médio percentil 50, valor mais baixo e valor mais alto.

Resultados e Discussão

Condições climáticas

Com base na precipitação pluvial observaram-se dois períodos distintos: o úmido, de outubro a abril e o seco, de maio a setembro. Os meses abril e outubro foram considerados como de inflexão entre os períodos. Observou-se (Tabela 2) que o período úmido registrou volume de 813,1 mm de chuva, contra 21,8 mm no período seco, e este representou apenas 2,7% do volume anual. Os maiores volumes de chuva ocorreram nos meses de novembro, dezembro, janeiro e março (Tabelas 2 e 3).

Muller e Valle (2012) consideraram a faixa da temperatura do ar e a distribuição da precipitação

pluvial como fatores determinantes ao cultivo do cacauero. Constataram que a maioria das regiões produtoras de cacau apresenta precipitação pluvial média anual de 1.400 a 2.000 mm ou seja, 117,0 mm a 167,00 mm de média mensal.

Caso não se faça uso da irrigação, neste intervalo, a área em estudo com média mensal de 69,6 mm (116,2 e 4,4 mm por período úmido e seco, respectivamente) não está dentro das condições da maioria dos casos (Tabela 2). A quase ausência da precipitação pluvial durante todos os horários dos dias, principalmente do período seco, limitaria os processos produtivos do cacauero e pode ser, inicialmente, um fator limitante da eficácia produtiva do cultivo na área (Tabela 3).

Tabela 2. Dados meteorológicos do município de Barreira - Bahia (AMB), Normais Climatológicas de 2002-2023 e médias mensais das Normais Climatológicas de 1990-2023, da região sudeste da Bahia (RCB)

Atributos		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	AMB	RCB	Úmido	Seco
Chuva	Volume Total	154,9	75,8	135,1	73,0	10,4	4,8	0,0	1,1	5,5	65,2	146,1	163,0	69,6	133	116,2	4,4
	Nº de dia	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31				
	Volume/dia	5,0	2,7	4,4	2,4	0,3	0,2	0,0	0,0	0,2	2,1	4,9	5,3				
Temperatura do ar (°C)		25,6	25,3	25,4	25,2	24,6	23,5	23,4	25,1	27,7	28,7	26,6	26,0	25,6	23,7	26,1	24,9
Umidade Relativa (%)		73,9	76,6	77,0	75,2	68,4	61,5	54,5	46,2	39,8	47,6	66,7	71,4	63,2	83,8	69,8	54,1
Temp. do Ponto de Orvalho (°C)		19,9	20,4	20,5	19,9	17,5	14,6	12,5	11,5	11,5	14,8	18,8	19,6	16,8	20,6	19,1	13,5
Temperatura Máxima (°C)		31,4	31,0	31,1	31,2	31,6	31,3	31,4	32,7	35,2	35,3	32,4	31,7	32,2	28,9	32,0	32,4
Temperatura Mínima (°C)		21,0	20,9	21,0	20,6	18,8	16,7	15,9	17,4	19,8	22,3	21,9	21,4	19,8	19,9	21,3	17,7
Amplitude (°)		10,5	10,1	10,0	10,6	12,8	14,6	15,5	15,3	15,4	13,1	10,6	10,4	12,4	9,0	10,8	14,7

Tabela 3. Dados da Precipitação pluvial do município de Barreiras - Bahia, 01/012002- 31/12/2023. Formatação escala tricolor para ponto médio percentil 50 (amarelo), valores mais baixos (vermelho) e mais altos (azul).

Atributos		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Chuva	Volume Total	154,9	75,8	135,1	73,0	10,4	4,8	0,0	1,1	5,5	65,2	146,1	163,0
	Nº de dia	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
	Volume/hora	5,0	2,7	4,4	2,4	0,3	0,2	0,0	0,0	0,2	2,1	4,9	5,3
Volume/hora (mm)	0	0,4	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,4	0,4
	1	0,3	0,2	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,3	0,4
	2	0,3	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,3	0,2
	3	0,2	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,3
	4	0,2	0,1	0,1	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,2
	5	0,2	0,1	0,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,3	0,2
	6	0,2	0,0	0,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,3	0,2
	7	0,2	0,1	0,3	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,2
	8	0,2	0,1	0,3	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,2
	9	0,3	0,2	0,4	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,2
	10	0,3	0,2	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1
	11	0,2	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1
	12	0,1	0,1	0,1	0,2	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1
	13	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1
	14	0,3	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2
	15	0,2	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2
	16	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,3
	17	0,1	0,2	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2
	18	0,1	0,2	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2
	19	0,2	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2
	20	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,2
	21	0,3	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,3	0,4
	22	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,3
	23	0,3	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	0,3
00:00 - 12:00		94,0	42,8	88,1	51,3	6,1	3,6	0,0	0,3	2,1	39,6	89,6	86,0
13:00 - 00:00		60,9	33,0	47,0	21,7	4,3	1,2	0,0	0,8	3,4	25,6	56,5	77,0

Quanto ao limite de tolerância térmica, Muller e Valle (2012), citando Alvim (1977), expuseram que o cacaueteiro se desenvolve bem na faixa de 18,0 °C a 28,0 °C de temperatura média mensal, mas é fortemente influenciado pela temperatura em locais com grandes diferenças sazonais.

Na área estudada, a faixa de temperaturas do ar (Ts) do período úmido foi de 25,2 °C a 28,7 °C, com média de 26,9 °C. A do período seco, de maior amplitude, foi de 23,4 °C a 27,7 °C, média 24,9 °C. A média mensal da amplitude térmica foi de 12,4 °C, o que significa três graus acima da registrada na RCB. Notou-se que a redução da temperatura mínima foi determinante no aumento da amplitude térmica no período seco (ver Tabela 2).

Dentro de um contexto de planejamento ao turismo a weatherspark (2018) classifica a temperatura média horaria em quatro faixas: das 00:00 a 09:00 horas a temperatura permanece **agradável** (18 °C a 24 °C); das 09:00 às 12:00 apresenta-se **morna** (24 °C a 29°C); das 12:00 às 17:00 **quente** (29 °C a 35 °C); das 17:00 às 00:00 horas volta ao tipo **morna** (24 °C a 29 °C). Nos meses de setembro e outubro das 13:00

às 17:00 horas, a temperatura atinge marcas em torno de 35°C, classificando-se como horário **esquente**. (Tabela 4).

A Figura 2 representa o termohigrograma (umidade Relativa e a Temperatura do ar) da RCB e da AMB. Assumindo como referência os limites do polígono da RCB, a superposição entre os locais mostrou que a temperatura do ar na faixa de 18 °C a 28 °C e a umidade acima de 60% proporcionaram condições ambientais com maior probabilidade de sucesso em termos de produtividade e sustentabilidade do cultivo. No entanto, no período da safra principal, as condições da umidade relativa da AMB, devido à pluviosidade quase nula, destoou dos limites desejáveis.

Ainda na fundamentação da relação fluxo de calor e água, verificou-se (Figura 3) que, para AMB, entre os meses de outubro a julho, a temperatura do ar (Ta) apresentou redução expressiva de 5,3 °C e a umidade relativa do ar (UR) com média mensal de 63,0 % variou entre 39,8 % e 77,1%. As menores UR foram registradas nos meses de agosto (46,3 %), setembro (39,8 %) e outubro (47,7 %), que fazem parte, naturalmente, do período seco.

Tabela 4. Dados da Temperatura do ar do município de Barreiras - Bahia, período 2002-2023. Formatação escala tricolor para ponto médio percentil 50 (amarelo), valor mais baixo (azul) e valor mais alto (vermelho)

Atributos		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Indicadores	Máxima período	31,4	31,0	31,1	31,2	31,6	31,3	31,4	32,7	35,2	35,3	32,4	31,7
	ÚMIDO						SECO					ÚMIDO	
	Média	25,6	25,3	25,4	25,2	24,6	23,5	23,4	25,1	27,7	28,7	26,6	26,0
Horas	0	24,5	24,1	24,1	23,6	22,8	21,6	21,9	24,1	26,8	27,9	25,5	24,8
	1	23,8	23,4	23,5	23,0	22,2	21,0	21,1	23,1	25,8	27,0	24,8	24,0
	2	23,2	22,9	23,1	22,6	21,8	20,7	20,5	22,4	24,9	26,4	24,3	23,6
	3	22,8	22,6	22,7	22,3	21,4	20,2	20,1	21,9	24,4	25,8	23,9	23,1
	4	22,3	22,2	22,4	22,0	20,9	19,6	19,4	21,3	23,8	25,3	23,6	22,8
	5	22,0	21,9	22,1	21,7	20,5	18,9	18,6	20,4	23,1	24,8	23,2	22,5
	6	21,7	21,7	21,8	21,4	20,0	18,3	17,9	19,6	22,3	24,2	22,9	22,2
	7	21,5	21,4	21,6	21,2	19,6	17,7	17,2	18,9	21,5	23,6	22,6	21,9
	8	21,3	21,2	21,4	20,9	19,3	17,3	16,6	18,3	20,7	23,0	22,2	21,6
	9	21,1	21,1	21,2	20,7	18,9	16,8	16,1	17,7	20,1	22,7	22,3	21,7
	10	22,3	22,0	22,1	21,7	19,9	17,6	16,8	18,7	22,0	24,5	23,7	23,1
	11	24,0	23,7	23,7	23,5	22,2	20,6	20,0	22,0	25,1	26,8	25,4	24,8
	12	26,0	25,6	25,6	25,5	24,7	23,5	23,0	25,0	27,7	28,9	27,1	26,6
	13	27,5	27,2	27,3	27,4	27,1	26,1	25,8	27,3	29,7	30,6	28,6	28,1
	14	28,7	28,4	28,5	28,8	28,8	28,0	27,8	29,1	31,5	32,1	29,8	29,2
	15	29,5	29,2	29,4	29,7	30,0	29,4	29,2	30,4	32,9	33,3	30,7	30,0
	16	30,1	29,8	29,9	30,2	30,7	30,3	30,2	31,5	33,9	34,0	31,3	30,5
	17	30,4	30,1	30,3	30,6	31,2	30,8	30,9	32,1	34,6	34,5	31,5	30,8
	18	30,4	30,1	30,3	30,5	31,2	31,0	31,2	32,5	34,8	34,6	31,4	30,7
	19	30,2	29,8	29,9	30,2	30,9	30,9	31,1	32,4	34,7	34,3	31,1	30,4
	20	29,5	29,1	29,1	29,4	29,9	30,0	30,4	31,9	34,0	33,5	30,2	29,6
	21	28,3	27,8	27,5	27,2	26,9	26,7	27,6	29,8	32,2	31,8	28,9	28,4
	22	26,5	26,0	25,8	25,4	24,8	24,1	24,8	27,2	30,1	30,2	27,4	26,8
	23	25,4	24,9	24,8	24,3	23,6	22,6	23,2	25,5	28,4	28,9	26,3	25,6

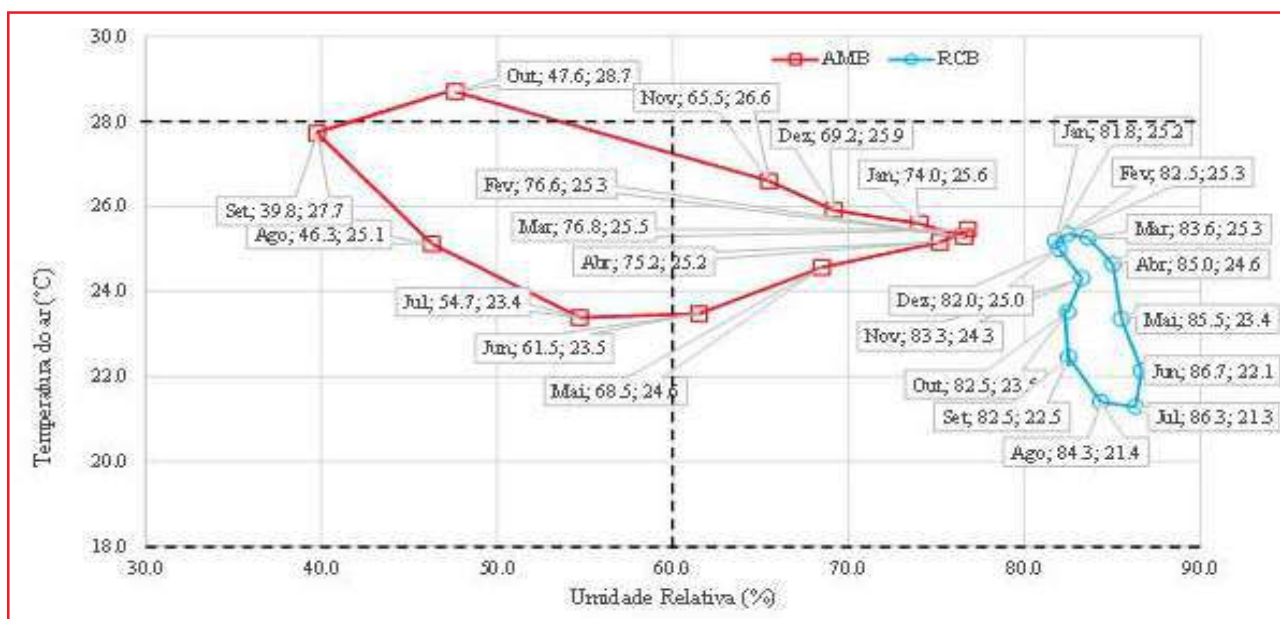


Figura 2. Termohigrograma - par de Temperatura do ar e Umidade Relativa do município de Barreiras - Bahia (AMB), período 2002-2023 e da região Sudeste da Bahia (RCB), período 1990-2023.

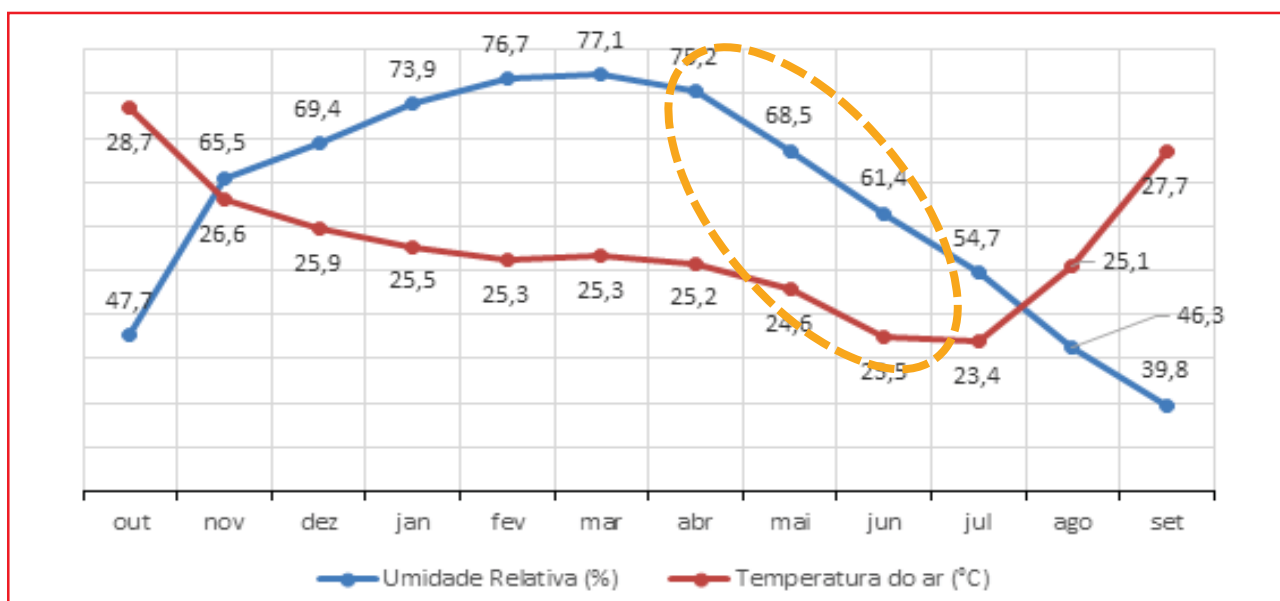


Figura 3. Temperatura do ar (°) e Umidade Relativa (%), período outubro-setembro, em Barreiras-BA. A elipse objetiva destacar o período atípico. Período 2002 - 2023.

Neste período outubro a julho, com a Ta em queda, a UR apresentou dois comportamentos distintos: subiu 30 pontos percentuais de outubro a março e reduziu 38 pontos de março a setembro (Figura 3). De outubro a março quando a temperatura diminuiu, observou-se um aumento da umidade relativa do ar. Entretanto, de

abril a julho, tanto a UR quanto a Ta caíram. Esse efeito da diminuição da UR pode ser atribuído ao período seco longo (cinco meses consecutivos) com redução total da pluviosidade, associada à menor retenção de calor na atmosfera ou menor nível de radiação, maior velocidade do vento seco (2,7 m/s no

período úmido que aumentaram para 3,7 m/s no seco) e aumento da amplitude térmica ($T_{\max} - T_{\min}$), de 10,6 °C em abril para 15,5 °C em julho, devido à redução da temperatura mínima.

Tal constatação vai de encontro ao que ocorreu na RCB. Na Figura 4, se observou que, na RCB a temperatura e a umidade relativa do ar estão inversamente relacionadas, especialmente no período de abril a julho. Destaca-se que, nesse período, a média da T_a (°C) na AMB é maior que a da RCB e, segundo Carzola et al. (1989), na RCB devido à superposição de safras nesse período (abril a julho), ocorrem os processos vegetativo e produtivo da safra principal (especialmente a bilração) e o produtivo da safra temporã.

Em suma, esse comportamento da T_a e UR no período seco reflete a quantidade de vapor de água, volume ocupado pelo ar e energia presente no ambiente e aumenta as dúvidas quanto a satisfação das necessidades fisiológicas do cacauzeiro nesse período.

Além da T_a e UR, algumas propriedades do ar também se destacaram na avaliação da eficácia do cultivo do cacauzeiro, em especial na capacidade de reter umidade no solo e no ambiente.

Por exemplo, a influência do vapor de d'água no ponto de orvalho é importante para entender fenômenos como a sensação térmica e a necessidade da irrigação. Nesse contexto, avaliando o número de horas diárias em que ocorreu a depressão da temperatura do ponto de orvalho - DPO, observaram-se diferenças expressivas entre a da AMB e a da RCB (Tabelas 5 e 6).

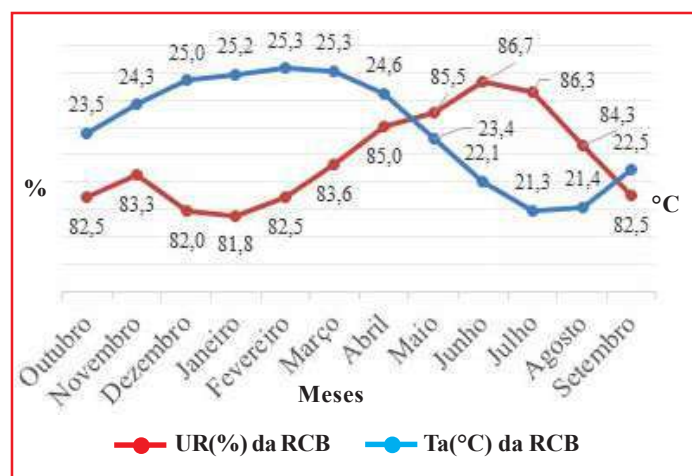


Figura 4. Temperatura do ar (°) e Umidade Relativa (%), ano agrícola outubro-setembro, estação climatológica do Centro de Pesquisas do Cacau-Ilhéus -BA. Período 1990 - 2023.

Na RCB (Tabela 5) as condições apresentadas foram favoráveis tanto aos agentes fitopatogênicos (especialmente fungos causadores de doenças como a podridão parda *Phytophthora palmivora* e vassoura de bruxa *Moniliophthora perniciosa*) quanto nas condições hídricas ou presença de água na forma líquida sobre o solo e as folhas. Em todos os meses entre 00:00 e 10:00 horas, a DPO permaneceu abaixo de dois graus, condição favorável para a deposição do orvalho. Por outro lado, na AMB, esse momento praticamente não existiu. O padrão ou a maior ocorrência foi DPO na faixa $> 3,8$ °C (Tabela 6). Esse fato fundamenta a presença necessária da irrigação no cultivo, ao longo de todo o ciclo produtivo.

Em uma área cultivada com cacauzeiros, sob sombreamento de Eritrina (*Erythrina glauca*), localizada no Município de Camacan-BA, Almeida et al. (2009) estimaram que a duração do período de molhamento por orvalho (DPM), entre 18:00 e 06:00 horas, utilizando-se um modelo empírico da depressão do ponto de orvalho $\leq 0,5$ °C ocorreu, em média, em mais de 60% dos dias.

Na Tabela 7, observou-se, por mês, que na AMB, a razão de mistura (massa de vapor d'água (g) por unidade de massa de ar seco (kg)) foi sempre menor que a da RCB. No período úmido, a diferença foi de 1,7 g/kg para menos e no período seco, aumentou muito mais, e atingiu 4,4 g/kg. Essa redução acentuada da razão de mistura implica em um grande desafio tecnológico para o cultivo na AMB, principalmente

quanto aumentar a capacidade do ar de reter umidade a pleno sol no período seco da safra principal. Como no ano agrícola, os processos vegetativo e reprodutivo das safras temporã e principal são superpostos, cabe indagar se de fato o valor nulo da precipitação pluvial na equação do balanço hídrico pode ser compensado apenas pela irrigação. Ou seja, se este elemento pode compensar as necessidades conjuntas do solo e da planta e atender à atuação e interação dos demais elementos do sistema, especialmente na safra principal.

Quanto a essas atuação e interação dos elementos do sistema, de acordo com o Índice de Calor (temperaturas à sombra) os valores registrados na Tabela 8 para AMB mostraram que no período úmido a partir das 12:00, ocorreu

Tabela 5. Depressão da temperatura do ponto de orvalho DPO, na região Sudeste da Bahia (RCB), período 1990-2023. Convenção: ≤ 2 °C (cor azul); 2 a 3,8 °C (cor amarela); $> 3,8$ °C (cor vermelha).

Horário/ Faixa°C	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
0	2,0	1,97	1,9	1,7	1,8	1,5	1,5	1,7	1,8	1,7	1,6	1,8
1	1,5	1,4	1,4	1,3	1,5	1,3	1,2	1,3	1,4	1,3	1,3	1,4
2	1,1	1,1	1,1	1,1	1,3	1,2	1,1	1,2	1,2	1,1	1,1	1,1
3	0,9	0,9	1,0	1,0	1,2	1,0	0,9	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9
4	0,8	0,8	0,9	0,9	1,0	0,9	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,8
5	0,8	0,8	0,8	0,9	1,0	0,8	0,7	0,8	0,9	0,8	0,8	0,8
6	0,7	0,7	0,7	0,8	0,9	0,8	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7
7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,9	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,7	0,7
8	0,6	0,7	0,7	0,7	0,9	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
9	0,6	0,6	0,6	0,7	0,9	0,7	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,7
10	1,0	0,9	0,8	0,9	1,0	0,8	0,7	0,8	0,9	1,2	1,3	1,4
11	2,5	2,1	1,9	1,8	1,7	1,3	1,1	1,4	1,9	2,5	2,6	3,1
12	4,1	3,6	3,6	3,3	3,0	2,5	2,3	2,9	3,6	3,8	3,9	4,6
13	5,3	5,0	4,8	4,6	4,3	3,7	3,7	4,4	4,9	4,9	4,9	5,7
14	6,3	5,9	5,6	5,3	5,1	4,6	4,7	5,4	5,8	5,5	5,3	6,3
15	6,8	6,5	6,2	5,8	5,5	5,2	5,2	6,1	6,2	5,9	5,6	6,6
16	7,0	6,7	6,4	6,0	5,6	5,4	5,5	6,2	6,3	6,0	5,7	6,7
17	6,9	6,6	6,5	5,9	5,6	5,3	5,5	6,2	6,2	5,9	5,7	6,7
18	6,8	6,4	6,1	5,7	5,3	5,0	5,3	5,8	5,9	5,5	5,4	6,4
19	6,2	5,9	5,5	5,0	4,6	4,4	4,7	5,2	5,3	4,9	4,8	5,8
20	5,2	5,0	4,6	4,0	3,6	3,5	3,7	4,2	4,2	3,9	3,8	4,8
21	3,9	3,7	3,4	3,0	2,8	2,6	2,8	3,2	3,2	3,0	2,8	3,4
22	3,0	2,9	2,8	2,6	2,4	2,2	2,3	2,6	2,7	2,5	2,3	2,7
23	2,5	2,5	2,3	2,2	2,1	1,9	1,9	2,1	2,3	2,1	2,0	2,3
≤ 2	10	11	12	12	12	13	13	12	12	11	12	11
(2- 3,8]	4	5	4	4	5	5	5	4	4	4	3	4
$> 3,8$	10	8	8	8	7	6	6	8	8	9	9	9
≤ 2	42%	46%	50%	50%	50%	54%	54%	50%	50%	46%	50%	46%
(2- 3,8]	17%	21%	17%	17%	21%	21%	21%	17%	17%	17%	13%	17%
$> 3,8$	42%	33%	33%	33%	29%	25%	25%	33%	33%	38%	38%	38%

Tabela 6. Depressão da temperatura do ponto de orvalho DPO, em Barreiras-BA (AMB), período 2002-2023. Convenção: ≤ 2 °C (cor azul); 2 a 3,8 °C (cor amarela); $> 3,8$ °C (cor vermelha).

Horário/ Faixa°C	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
0	4,2	3,3	3,0	3,1	4,4	6,3	9,1	12,9	16,2	13,5	6,6	4,9
1	3,5	2,7	2,5	2,7	3,9	5,7	8,2	11,7	14,9	12,4	5,8	4,1
2	3,0	2,3	2,2	2,4	3,7	5,5	7,6	10,8	13,6	11,7	5,2	3,7
3	2,7	2,1	1,9	2,2	3,4	5,1	7,2	10,1	12,9	10,9	4,8	3,3
4	2,3	1,8	1,7	2,0	3,1	4,7	6,5	9,4	12,2	10,2	4,4	3,0
5	2,1	1,6	1,6	1,8	2,8	3,9	5,7	8,4	11,3	9,6	4,1	2,7
6	1,9	1,5	1,4	1,7	2,5	3,5	5,0	7,5	10,3	8,9	3,8	2,4
7	1,7	1,3	1,3	1,5	2,3	3,0	4,4	6,7	9,4	8,2	3,5	2,2
8	1,5	1,2	1,2	1,4	2,0	2,7	3,8	6,0	8,5	7,5	3,2	2,0
9	1,4	1,1	1,1	1,3	1,8	2,4	3,4	5,4	7,7	7,0	3,1	1,9
10	2,1	1,6	1,5	1,8	2,4	2,8	3,7	6,0	9,1	8,4	4,3	2,9
11	3,6	3,0	3,0	3,4	4,5	5,4	6,6	9,0	11,9	10,7	5,9	4,5
12	5,5	4,9	4,8	5,3	6,9	8,1	9,5	11,9	14,4	12,9	7,9	6,5
13	7,2	6,6	6,5	7,3	9,3	10,7	12,3	14,5	16,7	15,0	9,6	8,2
14	8,5	7,7	7,9	8,9	11,2	12,9	14,6	16,7	19,0	16,9	11,0	9,4
15	9,5	8,7	8,9	10,0	12,7	14,7	16,6	18,6	21,1	18,4	12,2	10,5
16	10,4	9,5	9,7	10,8	13,8	16,3	18,3	20,3	22,8	19,7	13,1	11,2
17	11,0	9,9	10,3	11,2	14,6	17,4	19,4	21,5	24,0	20,6	13,5	11,8
18	11,1	10,2	10,4	11,4	14,8	17,9	20,1	22,3	24,8	21,0	13,5	11,8
19	11,0	9,9	9,9	11,1	14,5	17,8	20,3	22,6	25,0	20,8	13,2	11,5
20	10,2	9,2	9,1	10,0	13,1	16,8	19,6	22,2	24,4	20,0	12,3	10,7
21	8,8	7,6	7,0	7,1	8,9	12,2	16,0	19,8	22,3	18,0	10,7	9,3
22	6,6	5,5	5,0	5,1	6,6	9,1	12,5	16,7	19,9	16,1	8,8	7,4
23	5,3	4,2	3,8	3,9	5,2	7,5	10,6	14,7	17,8	14,4	7,6	5,9
≤ 2	4	7	8	7	1	0	0	0	0	0	0	2
(2- 3,8]	7	5	4	5	8	5	2	0	0	0	3	7
$> 3,8$	13	12	12	12	15	19	22	24	24	24	21	15
≤ 2	27%	47%	53%	47%	7%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	13%
(2- 3,8]	47%	33%	27%	33%	53%	33%	13%	0%	0%	0%	20%	47%
$> 3,8$	87%	80%	80%	80%	100%	127%	147%	160%	160%	160%	140%	100%

Tabela 7. Valores mensais da razão de mistura (massa de vapor d'água (g) por unidade de massa de ar seco (kg)) da região Sudeste da Bahia (RCB) e município de Barreiras - Bahia (AMB), Normais Climatológicas de 2002-2023 (AMB) e 1990-2023 (RCB)

Área	Úmido							Seco					Período	
	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	Úmido	Seco
AMB (i)	11,8	14,7	15,2	15,3	15,6	15,8	15,2	13,3	11,2	9,8	9,2	9,2	14,8	10,5
RCB (ii)	16,1	16	16,4	16,6	16,8	17,1	16,6	15,5	14,5	13,8	13,6	14,2	16,5	14,9
(i) - (ii)	4,3	1,3	1,2	1,3	1,2	1,3	1,4	2,2	3,3	4	4,4	5,0	1,7	4,4

Tabela 8. Índice mensal de calor por horas. Formatação escala tricolor para ponto médio percentil 50 (cor amarela), valor mais baixo (cor azul) e valor mais alto (cor vermelha).

Horas	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
0	25,3	25,4	25,5	24,8	22,8	20,1	18,7	19,3	20,8	23,5	24,6	24,6
1	24,6	24,8	24,9	24,2	22,2	19,3	18,0	18,5	20,0	22,9	24,2	24,1
2	24,2	24,3	24,5	23,8	21,7	18,9	17,5	17,9	19,6	22,5	23,8	23,6
3	23,7	23,9	24,2	23,4	21,3	18,6	17,2	17,6	19,2	22,3	23,4	23,2
4	23,4	23,5	23,8	23,1	21,0	18,3	16,8	17,3	19,0	21,9	23,2	22,9
5	23,0	23,2	23,5	22,8	20,5	17,8	16,3	17,0	18,5	21,6	22,9	22,7
6	22,8	22,9	23,3	22,5	20,1	17,0	15,6	16,4	18,1	21,3	22,7	22,4
7	22,5	22,7	23,0	22,3	19,6	16,5	15,0	15,8	17,5	21,0	22,5	22,2
8	22,4	22,5	22,7	22,0	19,2	15,9	14,4	15,2	17,0	20,5	22,2	21,9
9	22,1	22,2	22,5	21,7	18,8	15,4	13,8	14,6	16,5	20,2	21,9	21,8
10	22,7	22,7	22,9	22,1	19,1	15,3	13,4	14,5	16,8	20,9	22,7	22,6
11	23,8	23,8	24,0	23,3	20,6	17,4	15,7	16,8	19,0	22,3	23,7	23,6
12	24,8	24,9	25,0	24,5	22,1	19,4	18,0	19,0	20,9	23,5	24,5	24,6
13	25,6	25,7	25,9	25,4	23,4	21,1	19,8	20,4	22,1	24,3	25,2	25,3
14	26,1	26,3	26,4	26,0	24,2	22,1	21,0	21,4	22,9	25,0	25,8	25,9
15	26,5	26,7	26,8	26,4	24,7	22,8	21,7	22,1	23,6	25,6	26,3	26,2
16	26,8	26,9	27,1	26,7	25,1	23,1	22,0	22,5	24,0	25,9	26,5	26,5
17	26,9	27,2	27,1	26,8	25,2	23,2	22,3	22,7	24,2	26,1	26,8	26,7
18	27,0	27,2	27,3	26,9	25,4	23,3	22,4	22,8	24,3	26,2	26,9	26,8
19	26,9	27,3	27,3	26,8	25,3	23,2	22,3	22,7	24,2	26,1	26,7	26,8
20	27,0	27,1	27,2	26,9	25,5	23,2	22,2	22,5	24,0	26,0	26,7	26,7

mudança de estado físico com aumento considerável do Índice de Calor (IC). Após as 16:00 horas, os valores do IC dos meses de outubro a abril foram classificados no nível “que exige cuidados” para os humanos, porque existe a possibilidade de fadiga em casos de exposição e/ou exercício de atividade físicas prolongadas.

Com as devidas reservas quanto à analogia entre os metabolismos do homem e da planta, esse mesmo estresse deve ser considerado, caso se exija maior plenitude do metabolismo da planta na faixa vespertina. Em compensação, nota-se que, no período da manhã, independentemente do mês, se observou que os valores do Índice de Calor são mais baixos que os do período da tarde, o que corresponde aos valores registrados na tabela 4 onde a temperatura média horária das 00:00 a 12:00 horas foi classificada no nível **agradável e morna**.

Seguindo a relevância do conforto térmico nos processos fenológicos, destaca-se o vento. Este elemento se constitui num importante veículo de transporte de calor e umidade, além de proporcionar polinização. Durante todo o ano, a direção média horária predominante do vento em AMB e RCB é a do leste (WeatherSpark, 2018). Na AMB o mês de agosto registrou a maior velocidade com 3.9 m/s, enquanto a mínima 2,5 m/s foi observada em março. A média na AMB foi de 3.1 m/s contra 3.0 m/s da RCB. Notou-se que, na AMB o período maio-setembro responde pela maior dispersão dos dados (Figura 5).

Para Müller & Valle (2012), o cacaueteiro tem pouca tolerância aos ventos excessivos com efeitos danosos no desenvolvimento da planta e na queda prematura das folhas. Conforme estudos citados por esses autores, ventos com velocidades superiores a 2,5 m/s (9 km/h)



Figura 5. Velocidade do vento (m/s) nos municípios Barreiras e Ilhéus. Período 01/1980 a 12/2016. (Fonte: WeatherSpark.com).

em cultivo a pleno sol e não protegido por quebra-ventos ocasionaram ruptura em 60 a 100% dos pulvinos foliares enquanto que, em cultivo protegido para vento e radiação solar, o máximo registrado foi de 3,1%.

Como citado anteriormente no período abril-julho, período capital para os processos fenológicos da safra principal, ocorreu redução da UR associada ao aumento da velocidade do vento. Esses fatores conexos mostram que estas condições aumentam o desafio do cultivo quanto a adoção de práticas como a polinização mecânica, objetivando aumento da produtividade.

No entanto, Nakayama (2012) avaliando a polinização ventilada sobre a frutificação do cacauero, observou que, por ser o pólen muito viscoso, a ventilação natural mostrava-se incapaz de remover o pólen das anteras. Relatou que a estrutura floral do cacauero não favorece a polinização pelos meios comuns, tais como água e vento natural. Somente com ventilação intensa, preferencialmente **à tarde** e com velocidades entre 60 e 100 km/h durante 23 dias consecutivos observaram-se eventos de pólen transferido da antera para o estigma, em quantidade suficiente para causar polinização fértil e frutífera. Ressaltou

que essa tecnologia concentrou a frutificação e potencializou a redução no número e no custo da colheita de cacau.

Por último, outro elemento importante na avaliação das condições meteorológicas é a temperatura do ponto de orvalho (PO). Nota-se, nos resultados apresentados da Figura 6, que, nas médias horárias das trajetórias mensais, o PO tendeu a variar mais lentamente dentro do que entre meses. Dentre as trajetórias, quatro grupos evidenciaram-se: **i)** julho, agosto e setembro; **ii)** junho e outubro; **iii)** maio; **iv)** e novembro, dezembro, janeiro, fevereiro, março e abril,

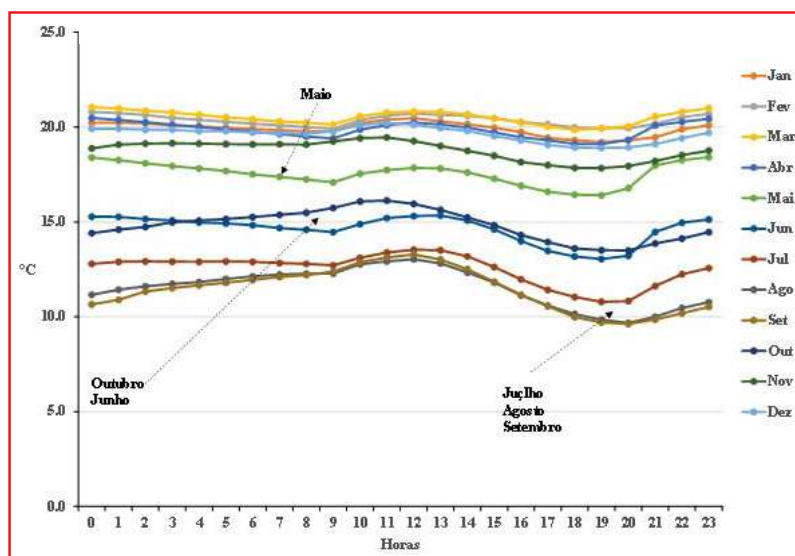


Figura 6. Ponto de orvalho mensal, média horária. Área do município de Barreiras - AMB. Período 2002 - 2023.

com destaque para os meses maio e outubro (que na RCB definem os pontos de inflexão das safras principal e temporã, respectivamente) e, também, para a ocorrência dos menores valores serem registrados no período julho-setembro, período em que se acentua a distribuição dos assimilados entre os processos metabólicos das duas safras.

Nesse primeiro grupo (julho, agosto e setembro), foram registrados as menores razões de mistura, em média 9,4 (g/kg), seguidas das menores temperaturas do ponto de orvalho. A temperatura do ar aumentou, a umidade relativa diminuiu, e a diferença entre o temperatura mínima e a do ponto de orvalho também aumentou. Com o aumento dessa amplitude reduziram-se as chances de ocorrer orvalho nesse período. Ou seja, a redução das chances do ar ficar saturado por umidade nesse período indica que a opção por uma ou duas safras deve ser sustentada em um manejo estratégico e adequado, visando sustentabilidade do sistema de produção.

Aspectos ecofisiológicos do cacaueteiro no Cerrado da Bahia.

No ciclo de vida do cacaueteiro, os elementos climáticos: temperatura do ar e a precipitação pluvial exercem grande influência, especificamente no crescimento vegetativo, florescimento e desenvolvimento do fruto (Almeida e Valle, 2007; Müller e Valle, 2012).

Muller e Valle (2012) afirmam que a chuva é o fator com maior influência nos eventos fenológicos do cacaueteiro. Por sua vez, Arnold et al. (2018) concluíram que as chuvas do mês anterior, das estações chuvosas em Trinidad e Tobago e na Jamaica (clima Aw, na classificação de Köppen) influenciam positivamente a abundância absoluta e relativa das moscas polinizadoras do cacaueteiro (Ceratopogonidae).

Zuidema et al. (2005), através de um modelo fisiológico de crescimento e produção para o cacau sob árvores de sombra, inferiram que a combinação de radiação anual e a precipitação pluvial durante os dois meses mais secos explicam mais de 70% da produtividade do cacau; para locais com forte estação seca combinada com condições edafoclimáticas desfavoráveis e solo excessivamente argiloso ou arenoso, a limitação de água durante os dois meses mais secos é um fator determinante na redução da produção de cacau.

Observou-se que a média da temperatura do ar mensal na AMB variou no período estudado de 23.4 °C a 28.7 °C e a precipitação pluvial mensal de zero a 163.0 mm. No período seco, além da redução expressiva do volume de chuva, ocorre também queda na umidade relativa do ar, déficit elevado de pressão de vapor; alta intensidade de radiação solar, sendo essas condições desfavoráveis ao desenvolvimento dos insetos polinizadores. Ou seja, na estação seca, os elementos climáticos, especialmente a chuva, têm efeito direto na sazonalidade das condições do ar e também diretamente alteram as respostas ecofisiológicas dos cacaueteiros e dos insetos polinizadores, em particular.

O desafio do cacaueteiro será então de se adaptar a esses limiares de estresse hídrico e térmico, especialmente no período seco. Nesse período, inicialmente recomenda-se especial atenção na ação dos ventos, na poda de formação e condução, na durabilidade das folhas dos cacaueteiros e tempo de desenvolvimento do fruto. A umidificação do ar no microclima não deve ser relegada.

Nas condições apresentadas, qualquer evento fenológico estará sempre susceptível às inflexões e respostas das fortes tensões ambientais. Comparando a RCB com a AMB (Tabela 9), observou-se que na média, a diferença entre as temperaturas do ar foi de 1,6 °C. Quanto à precipitação pluvial, a diferença é expressiva, principalmente no período seco. A média 4,4 mm do período seco da AMB contra 116,2 mm da RCB corresponde a 26 vezes menos. Esses resultados sugerem que a água disponível e o conforto térmico no período seco são componentes determinantes do

Tabela 9. Médias das temperaturas do ar e precipitação pluvial nos períodos anual, seco e úmido, nas regiões Oeste (AMB) e Sudeste da Bahia (RCB).

	Período	Média da Temperatura do ar °C	Média da Precipitação pluvial (mm)
AMB	Anual	25,6	67,4
	Úmido	26,1	112,3
	Seco	24,9	4,4
RCB	Anual	23,7	133,4
	Úmido	24,8	146,9
	Seco	22,1	114,5

sistema de produção de cacau na AMB. Ou seja, na AMB, atenção especial deve ser concedida aos processos metabólicos do cacauero em relação a dinâmica climática do período seco.

Em resumo, diante das condições específicas do ambiente climático da AMB sugere-se avaliar a adaptação funcional (vegetativa e produtiva) do cacauero com base nos seguintes encadeamentos:

1. O advento das chuvas em outubro viabiliza o processo vegetativo da safra temporã.

2. Com o início de maiores volumes de chuva a partir de outubro, evidencia-se o processo vegetativo (lançamento foliar). Em seguida, o processo da floração e o reprodutivo (especificamente, a bilração ou frutos com até 21 dias de desenvolvimento).

3. No segundo período, de maior acúmulo térmico ou acúmulo diário de energia, o gerenciamento de práticas adequadas de manejo e a disponibilização dos recursos hídricos e nutricionais tornam-se imperativos, para o processo reprodutivo da safra temporã. Segundo Muller e Valle (2012), quando o cacauero é submetido à luminosidade intensa, seu metabolismo acelera significativamente. Além da intensidade da luz, esses autores, determinaram que a concorrência exercida pelas folhas jovens emitidas posteriormente tem influência direta, tornando menor o período de permanência das folhas nas plantas. Sodré et. al (2017) observaram que em áreas não tradicionais de plantio do cacauero o aumento da frequência de lançamentos foliares esteve associado à intensa luminosidade.

De maneira geral, infere-se que o período úmido na AMB oferece condições ecofisiológicas mais apropriadas para maior armazenamento e partição de assimilados, condições associadas diretamente ao rendimento do cacauero. No entanto, no segundo período, para se obter o desenvolvimento ideal dos frutos, tornam-se indispensáveis o gerenciamento de práticas de manejo e reabastecimento de recursos hídricos e nutricionais adequados, a exemplo da irrigação e da fertirrigação.

Destaca-se ainda que, no segundo período, o teor de água e de nutriente no solo deve ser constantemente mantido em condições próximas às ideais. Isso se justifica porque a capacidade de absorção de água e nutrientes depende, entre outros fatores, da dinâmica das raízes finas - taxas de mortalidade e regeneração dessas raízes (Almeida e Valle, 2007).

Justificando a importante dinâmica das raízes finas do cacauero sombreado, Almeida e Valle (2007) citando Muñoz e Beer (2001), mostraram que uma proporção maior de nutrientes é absorvida pelo cacauero no início e não no final da estação chuvosa, sugerindo que a eficiência produtiva dos eventos fenológicos no período úmido depende da gestão agroecológica no segundo período, especialmente no subperíodo julho-setembro.

Conforme Müller e Valle (2012) citando Almeida e Valle (1995) e Vello et al. (1972), a taxa de acúmulo de matéria seca do fruto está diretamente relacionada com o período de enchimento. Este, se relaciona diretamente com o peso da semente. Por sua vez, depende de fatores do ambiente e manejo. Assim, o período seco é fundamental na eficácia desse processo. Destaca-se ainda, que com os materiais genéticos disponíveis, o tempo médio de desenvolvimento do fruto será menor que o de 165 dias registrado na RCB.

Torna-se prudente lembrar que, no contexto de mudança globais e bruscas do estado físico do ambiente, para o cultivo do cacauero na AMB, a atenção ao calendário das práticas agrícolas deve ser considerada de extrema importância. Na região cacaueira da Bahia, Santos Filho (2019) classificou cinco padrões de perfis do fruto bilro - fruto até 21 dias de desenvolvimento (Figura 1). Essas trajetórias do fruto bilro confirmam que, na RCB, devido as condições meteorológicas, ocorrem grandes variações periódicas tanto na intensidade de lançamento foliar como na intensidade de floração e, consequentemente, no ciclo de frutificação. Ou seja, na AMB, deve-se dobrar a atenção ao manejo hídrico em relação aos processos metabólicos do cacauero e dinâmica climática do período seco.

Outros cuidados especiais devem ser observados quanto à estiagem cíclica no período úmido. Luiz e Silva (2023), por meio de simulação, observaram forte efeito negativo dos anos de El Niño sobre a produtividade da soja nas semeaduras de setembro e outubro, nas condições do clima do cerrado em Planaltina, DF. Assim, em se tratando de um cultivo perene, como o cacauero, não há por que não associar efeitos mais intensos e lesivos deste fenômeno, especialmente no período seco.

Enfim, é esperado que a eficiência produtiva do cacauero no período seco seja influenciada por um

conjunto de elementos que atuam e interagem dinamicamente entre si e, neste caso, as práticas agrícolas, em condições de pleno sol, se resumiriam a viabilizar as condições do ar próximas as ideais para sustentar especificamente o processo vegetativo da temporã consecutiva.

Considerações Finais

Nossos resultados sustentam a expansão de novas fronteiras agrícolas através do cultivo do cacau no oeste da Bahia, entretanto sugerem estudos que objetivem:

i. Avaliar o custo/benefício na perspectiva de se colher duas safras (dois ciclos reprodutivos) por ano agrícola. Segundo Cazorla et al. (1989), no ano agrícola do cacau da RCB, existe dois ciclos reprodutivos superpostos, o da safra temporã e outro da safra principal. Em consequência, inicia-se um evento fenológico com outro em andamento. No ano em que o perfil sofre modificações, o ciclo reprodutivo imediatamente posterior reflete essa interferência na normalidade fisiológica da planta.

ii. Avaliar a utilização de estratégias como tipos de poda, uso de quebra ventos, sombreamento que priorize o cultivo do cacau, fertilização e irrigação que evitem a perda excessiva de água por transpiração. Nota-se que o cacau tem relativamente baixa taxa fotossintética em relação a outros cultivos. A pleno sol, sua folha atinge capacidade máxima fotossintética entre 20 e 30 dias (Müller e Valle, 2012).

iii. Elaboração de calendário das práticas agrícolas, se possível setorizado dentro da propriedade, ressaltando que, no inverno, as plantações vivem o período de desaceleração metabólica, exigindo assim flexibilidade na execução das práticas de manejo. O enchimento adequando do fruto, que reflete fortemente na massa da amêndoa seca, requer adoção de momentos precisos de manejo hídrico, ambiental e nutricional das plantas.

iv. Avaliar os padrões fenológicos entre clones e condições de manejo. A produção de cacau não depende exclusivamente das condições dos elementos climáticos existentes no momento de formação e desenvolvimento dos frutos, o qual em média acontece em cinco meses (Cazorla et al., 1989), mas de

períodos bem definidos que antecedem a estes processos fenológicos. Leite et al. (1987) observaram correlações positivas e estatisticamente significativas entre as safras temporã e global com a precipitação pluvial e a residência do lençol freático nos meses de outubro a março da RCB. Por outro lado, esses autores acrescentam que outubro, novembro e abril são meses que imediatamente seguem bimestres de intenso refofolhamento do cacau. Eles concluem "... que a produção agrícola resulta de condições climáticas durante os processos fenológicos (lançamento foliar, floração e frutificação) que a antecedem num período mais extenso do que o necessário simplesmente para o desenvolvimento e maturação dos frutos" (Leite et al., 1987).

v. Avaliar a aplicação dos resultados de Samuel et al. (2024). Numa zona de floresta tropical do sudoeste da Nigéria (3 a 4 meses de estação seca), esses autores mostraram que a sombra e a irrigação na estação seca afetaram o uso da água pelos cacaueiros, assim como as características da copa e a produtividade da planta. Relataram também que a irrigação por gotejamento parece ser útil para gerenciar a água e aliviar o período terminal da estação seca (hidrotérmica). É necessário ressaltar que a irrigação deve possibilitar a gestão da água, como também, a quantidade de água necessária para a produção de folhas e satisfazer a evapotranspiração do sistema.

Literatura Citada

- ALMEIDA, A. A. F. de; VALLE R. R. 2007. Ecophysiology of the cacao tree. *Brazilian Journal of Plant Physiology* 19(4):425-448.
- ALMEIDA, H. A. de; MACHADO, R. C. R. 2009. Estimativa da duração do período de molhamento por orvalho em um ecossistema cacau. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 13(6):724-728
- ARNOLD, S. E. J. et al. 2018. The significance of climate in the pollinator dynamics of a tropical agroforestry system. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 254:1-9. DOI:10.1016/j.agee.2017.11.013

- CAZORLA, I. M.; AIDAR, T.; MILDE, L. C. E. 1989. Perfis de lançamento foliar, da floração da bilração e de estágios do frutos do cacauzeiro no estado da Bahia, no período 1977/78-1987/88. MAPA/CEPLAC/CEPEC. Ilhéus/Bahia. Boletim Técnico s/n. 58p.
- RODRIGUES, L. G.; MOREIRA, P. B. A.; SANTOS, L. F.; TEIXEIRA, Y. N.; FIRMINO, P. R. A.; OLIVEIRA, C. C. F. 2022. Balanço Hídrico e Classificação Climática para Estação Meteorológica do Cariri. Revista Brasileira de Geografia Física 15(2): 618-633.
- GUSSEON, A. E. 2017. Diversidade, mudanças temporais e os efeitos de uma estação seca prolongada na regeneração em floresta estacional decidual. Tese Doutorado. Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais.
- KÖPPEN, W. 1936. Das geographische System der Klimate. In: KÖPPEN, W.; GEIGER, R. (Eds): Handbuch der Klimatologie. Berlin: Gebrüder Bornträger. Banda 1, Parte C. pp. 1-44.
- LEITE, J. de O.; VALLE, R. R.; SILVA, C. P. da; DIAS, B. R. 2000. Relações entre a precipitação, o lençol freático e a produção de cacau na Bahia. Agrotrópica 12(2):67-74.
- LUIZ, A. J. B.; SILVA, F. A. M. da. 2023. Efeito de El Niño e La Niña na produtividade da soja em planaltina/DF. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 22. 2023. Natal-RN. Edição Técnica: Bergson Guedes Bezerra e David Mendes.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. O Bioma Cerrado. <https://antigo.mma.gov.br/biomas/cerrado.html#:~:text=Depois%20da%20C3%A9,progressivo%20esgotamento%20Mata%20Atl%C3%A2ntica%20e%20o%20Cerrado%20%20regi%C3%A3o>. Acesso: jun. 2024.
- MULLER, M. W.; VALLE, R. R. M. 2012. Ecofisiologia do Cultivo do Cacauzeiro. In: Ciência, Tecnologia e Manejo do Cacauzeiro. 2a. Edição. Valle, R. R. M. (Ed.). MAPA/CEPLAC. Brasília, DF. pp. 31-66.
- SAMUEL, A.; FRIDAY, C.; BABADELE, F. 2024. Cacao water use, canopy characteristics and yield as affected by irrigation and shade in a rainforest zone of Nigeria. International Journal of Environment Climate Change, 14(2):958-978.
- SANTOS FILHO, L. P. DOS; LUZ, E. D. M. N.; VALLE, R. R.; MULLER, M. W. 2020. Considerações sobre a fenologia de lançamento foliar, floração e frutificação do cacauzeiro na região Sudeste da Bahia. MAPA/CEPLAC/CEPEC. Ilhéus/Bahia. Boletim Técnico nº 218. 26p.
- SANTOS FILHO, L. P. 2019. Perfis temporais do fruto bilro na Região Cacaueira da Bahia, anos agrícolas 1977/78-2018/19. MAPA/CEPLAC/CEPEC. Ilhéus/Bahia. Boletim Técnico nº 217. 24p.
- SILVA, H. L. de S; PEREIRA, J. C. A.; SILVA, M. G. da. 2019. Estimativa do período molhamento e ponto de orvalho como fator de controle de patógenos agrícolas. In: Congresso Internacional da Diversidade do Semiárido, 1. Universidade Federal de Campina Grande. CONIDIS. <http://www.editorarealize.com.br/artigo/visualizar/23798>. Acesso: maio/2024.
- SOARES, L. C.; ANDRADE, R. G.; HOTT, M. C.; MAGALHÃES JUNIOR, W. C. P. de. 2021. Estimativa e espacialização do Índice de Temperatura e Umidade (ITU) na Região Sudeste do Brasil. Embrapa Gado de Leite. Passos, L. P. (ed.). Coletânea de Iniciação Científica da Embrapa Gado de Leite-PIBIC/CNPq 2020-2021. Documentos, 262. Juiz de Fora, MG, Embrapa Gado de Leite. <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/226294/1/Estimativa-espacializacao.pdf>. Acesso: mar.2024.
- SODRÉ G. S.; MARROCOS P. C. L.; SARMENTO, D. A. 2017. Cultivo de Cacauzeiro no estado do Ceará. MAPA/CEPLAC/CEPEC. Ilhéus/Bahia. Boletim Técnico nº 209. 34p.
- WEATHERSPARK. 2018. Weatherspark.com and Cedar Lake Ventures, Inc. Clima e condições meteorológicas médias em Barreiras no ano

todo Bahia, Brasil. <https://pt.weatherspark.com/y/30524/Clima-caracter%C3%ADstico-em-Barreiras-Bahia-Brasil-durante-o-ano>.

ZUIDEMA, P. A.; LEFFELAAR, P. A.;
GERRITSMA, W.; MOMMER, L.; ANTEN, N.

P. R. 2005. A physiological production model for cocoa (*Theobroma cacao*): model presentation, validation and application. *Agricultural Systems* 84(2):195-225.



CONTROLE QUÍMICO DA PODRIDÃO-PARDA DO CACAUEIRO COM ENFOQUE NA REDUÇÃO DO INÓCULO DE *Phytophthora* spp. DO SOLO

Marival Lopes de Oliveira e Luiz Carlos C. de Almeida

CEPLAC, Centro de Pesquisas do Cacau (CEPEC), 45600-000, Caixa Postal 07, Itabuna, Bahia, Brasil

A utilização de fungicidas com o objetivo de reduzir o potencial de inóculo de *Phytophthora* spp. presente no solo, principal reservatório para o início de surtos epidêmicos da podridão-parda do cacaueiro, poderia exercer um importante papel no controle da doença, retardando seu aparecimento, diminuindo sua velocidade de progresso, e consequentemente, sua incidência e severidade no pico máximo. Visando avaliar o papel do fungicida metalaxyl, em formulação granulada, com relação a tais objetivos, foram instalados dois experimentos nos anos de 1993 e 1994. Os resultados mostraram que duas aplicações do metalaxyl mesmo na menor dosagem, foram tão eficientes no controle da podridão-parda quanto à recomendação tradicional de 3g de óxido cuproso pôr planta, em 3 a 4 pulverizações ao ano. Ficou também demonstrada, a importância do solo como reservatório de inóculo para o início de surtos epidêmicos da doença, e o papel positivo que poderia desempenhar o fungicida metalaxyl no controle da podridão-parda do cacaueiro no Brasil.

Palavras-chave: Controle químico, podridão-parda, *Phytophthora* spp., *Theobroma cacao*

Chemical control of black pod disease of cacao (*Theobroma cacao* L.) with emphasis on the reduction of inoculum of *Phytophthora* spp. from soil. The use of fungicides with the objective of reducing the primary source of inoculum of *Phytophthora* spp. in soil, responsible for initiation of outbreaks of black pod disease of cacao, could play an important role on the disease control, by deleting and slowing down the disease progress, and as a consequence, reducing the disease incidence and severity on its main peak, observed on august. The role of metalaxyl on such objectives was evaluated in two experiments, in 1993 and 1994. Metalaxyl was so effective to control black pod disease, as the traditional recommendation based on the use of 3 g of cuprous oxide per plant, in 3 to 4 applications per year. The investigations emphasized the role that would play the fungicide metalaxyl into a management program for black pod disease control in Brazil, and also stressed the importance of soil as the main reservoir of inoculum for black pod disease outbreaks.

Key words: Chemical control, black pod disease, *Phytophthora* spp., *Theobroma cacao*

Introdução

Mesmo após o surgimento da vassoura-de-bruxa na Região Sul da Bahia, e a despeito das condições ambientais atualmente desfavoráveis à sua ocorrência, a podridão-parda do cacaueiro (*Theobroma cacao* L.) causada pôr três espécies de *Phytophthora*: *P. palmivora* (Butler) Butler, *P. capsici* Leonian, e *P. citrophthora* (Smith & Smith) Leonian, possui ainda potencialidades de assumir a mesma importância econômica registrada no passado, chegando a causar perdas estimadas em 20-30 % da produção anual de cacau (Medeiros *et al.*, 1977).

Como fontes de inóculo primário responsável pelo início de surtos epidêmicos da podridão-parda do cacaueiro, destacam-se propágulos que sobrevivem no solo (Medeiros, 1977; Newhook e Jakson, 1977; Okaisabor, 1974; Onesirosan, 1971), almofadas florais (Dakwa, 1974; Jakson e Newhook, 1978; Manço, 1974; Newhall *et al.*, 1966a) e casqueiros (Medeiros, 1974, 1977; Muller, 1974; Turner, 1965). Fontes adicionais incluem raízes (Asomaning, 1964; Newhall, 1967), frutos mumificados (Manço, 1974; Medeiros, 1977; Newhall e Diaz, 1966), casca (Jakson e Newhook, 1978; Turner, 1960b), folhas, chupões e cancos (Jakson e Newhook, 1978; Manço, 1966, 1974; Medeiros, 1977; Turner e Wharton, 1960). Em geral, o solo em muitos países (Grimaldi, 1957; Newhall *et al.*, 1966b; Onesirosan, 1971; Thorold, 1955), como também os casqueiros no Brasil (Medeiros, 1977), tem sido considerados como principais reservatórios de inóculo para início de epidemias da podridão-parda.

As recomendações para o controle da podridão-parda baseiam-se, principalmente, na utilização de fungicidas, na adoção de medidas profiláticas, como também no uso de algumas práticas culturais, como: redução do sombreamento, poda e drenagem do solo, a fim de tornar o ambiente desfavorável à doença (Medeiros, 1965, 1974, 1977).

As primeiras tentativas de controle químico da podridão-parda, no Brasil, datam dos anos 50 (Cruz e Paiva, 1956). Desde então, fungicidas à base de cobre vem sendo utilizados de forma bem sucedida já pôr quase meio século, embora existam registros de uso não satisfatórios em outros países, onde às vezes, até doze aplicações, ao ano, são requeridas para se ter um controle adequado da doença (Lass, 1989).

O surgimento de fungicidas sistêmicos com atividades contra oomicetos tem criado novas perspectivas para o controle químico das várias doenças causadas pôr espécies de *Phytophthora*. Entre tais fungicidas, estão metalaxyl e fosetyl-Al, empregados no controle de um

grande número de doenças causadas pôr diversas espécies de *Phytophthora*. Ambos fungicidas têm proporcionado excelente controle de patógenos foliares (Bruck *et al.*, 1980; Clergeau e Beyries, 1977; Cohen *et al.*, 1979; Easton e Nagle, 1985) e de solo (Anderson e Buzzell, 1982; Davis, 1981, 1982; Falloon *et al.*, 1985), embora metalaxyl venha destacando-se mais no controle de um número maior de espécies e em uma gama de hospedeiros bem mais ampla. A excelente eficácia de metalaxyl na inibição da produção e germinação das estruturas do ciclo de vida das três espécies de *Phytophthora* que causam a podridão-parda do cacaueiro no Brasil, foi demonstrada pôr Oliveira e Menge (1995, 1998), entretanto, existem poucas tentativas experimentais visando comprovar sua eficácia no controle da doença em condições de campo (Pereira, 1988).

Objetivando-se avaliar o papel do fungicida metalaxyl na redução do inóculo primário de *Phytophthora* spp. presente no solo; testar um sistema alternativo de sua aplicação com vistas ao controle da podridão-parda do cacaueiro; além de se avaliar o papel de dosagens elevadas do óxido cuproso em intervalos de aplicação mais longos que a recomendação tradicional, foram realizados dois experimentos nos anos de 1993 e 1994.

Materiais e Métodos

Os dois experimentos foram instalados na Fazenda Unacau, município de Una, nos anos de 1993 e 1994, em áreas constituídas de cacaueiros safreiros e com elevada incidência potencial da podridão-parda, conhecidas como áreas-foco. Os experimentos tiveram delineamentos em blocos ao acaso, com sete e oito tratamentos e quatro repetições, sendo cada parcela constituída de 20 plantas úteis separadas pôr bordaduras de 9 metros de largura. Detalhes sobre dosagens, local e época de aplicação encontram-se no Quadro 1.

No primeiro experimento, o metalaxyl (N-[2,6-dimethylphenyl]-N-[metoxyacetyl] alanina methyl ester, Ridomil® GR, Ciba-Geigy Química S.A.) foi aplicado no solo, a intervalos de 90 dias, após a remoção do revestimento orgânico superficial, num raio de 1,7 m do coleto das plantas (coroamento). Nos tratamentos envolvendo a aplicação do óxido cuproso (Cobre Sandoz® 50 PM), o fungicida foi pulverizado com equipamentos costais motorizados, em toda a parte aérea, na vazão de 250 mL da calda pôr planta.

No segundo experimento, visando uma possível redução de custos, na eventualidade de se vir a recomendar o metalaxyl granulado no controle da

Quadro 1. Detalhes de dois experimentos realizados na Fazenda Unacau, município de Una, Bahia, nos anos de 1993 e 1994, comparando os efeitos dos fungicidas metalaxyl e óxido cuproso no controle da podridão-parda do cacauero

Tratamento	Dosagem do princípio ativo (g / planta)	Local de aplicação	Época de aplicação *
Experimento I			
1. Metalaxyl I	5,63	solo	Abril, Julho
2. Metalaxyl II	11,25	solo	Abril, Julho
3. Metalaxyl I + Óxido cuproso I	5,63	solo	Abril, Julho
4. Metalaxyl II + Óxido cuproso I	11,25	solo	Abril, Julho
5. Óxido cuproso I	3,00	copa	Maio, Agosto
6. Óxido cuproso II	6,00	copa	Maio, Agosto
7. Testemunha	-	-	-
Experimento II			
1. Metalaxyl I / cc b	5,63	solo	Maio, Julho
2. Metalaxyl I / sc	5,63	solo	Maio, Julho
3. Metalaxyl II / cc	2,82	solo	Maio, Julho
4. Metalaxyl II / sc	2,82	solo	Maio, Julho
5. Óxido cuproso I	3,00	copa	M, J, J, A
6. Óxido cuproso II	6,00	copa	Maio, Julho
7. Testemunha / cc	0,00	-	-
8. Testemunha / sc	0,00	-	-

* M, J, J, A = maio, junho, julho e agosto

^b cc = com coroamento; sc = sem coroamento

podridão-parda, procurou-se além de reduzir a dosagem e o intervalo de aplicação, avaliar também o sistema de aplicação do produto no solo, se com ou sem o coroamento das plantas.

Após a demarcação das áreas experimentais, e antes da aplicação dos fungicidas, foi efetuada a colheita de todos os frutos infectados (verdes e maduros), além dos maduros sadios. Procedeu-se também a uma limpeza cuidadosa das plantas procurando remover todas as possíveis fontes de inóculo, tais como: folhas e brotos infectados, e frutos mumificados. Mensalmente, no período de maio a novembro, para o Experimento I, e de junho a outubro para o II, durante o processo de colheita, os frutos maduros sadios e todos os infectados foram colhidos a fim de se determinar os níveis de incidência da doença. Os resultados foram analisados após a transformação para arco-seno da raiz

quadrada dos percentuais de incidência acumulada da podridão-parda, e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste de Tukey.

Resultados e Discussão

A despeito dos índices de incidência da podridão-parda do cacauero não terem sido tão elevados nos dois anos de experimentação, ainda assim, foram observadas diferenças, estatisticamente significativas ($P=0,05$), entre os tratamentos (Quadros 2 e 3).

Os Quadros 2 e 3 apresentam os percentuais de controle da doença (PCD) para os diferentes tratamentos em ambos experimentos. No Experimento I (Quadro 2), não foram detectadas diferenças, estatisticamente significativas, entre os tratamentos que receberam aplicação de fungicidas, mas sim entre eles e a testemunha, ao se analisar a variável índice de incidência percentual da podridão-parda (IPP), embora tenham sido observadas ligeiras diferenças em termos de percentuais de controle da doença (PCD). Analisando-se as curvas de comportamento da podridão-parda em função da aplicação dos fungicidas (Fig. 1 e 2), verifica-se uma tendência ascendente na sua incidência para o tratamento testemunha até o mês de agosto, ao contrário do observado com os demais tratamentos que receberam a aplicação de fungicidas, em que esta tendência foi de redução. Para

Quadro 2. Incidência percentual da podridão-parda (IPP) e percentual de controle da doença (PCD) em função das aplicações de metalaxyl, óxido cuproso e alternada de ambos fungicidas. Fazenda Unacau, Una, Bahia, 1993.

Tratamento	Dosagem do princípio ativo (g / planta)	Época de aplicação *	Valores médios acumulados	
			IPP ^b	PCD
1. Metalaxyl I	5,63	Abril, Julho	1,51 a	92,28
2. Metalaxyl II	11,25	Abril, Julho	5,41 ab	72,35
3. Metalaxyl I + Óxido cuproso I	5,63	Abril, Julho		
	3,00	Maio, Agosto	2,97 ab	84,82
4. Metalaxyl II + Óxido cuproso I	11,25	Abril, Julho		
	3,00	Abril, Julho	3,36 ab	82,83
5. Óxido cuproso I	3,00	M, J, J, A	4,96 ab	74,65
6. Óxido cuproso II	6,00	Abril, Julho	7,64 b	60,96
7. Testemunha	0,00	-	19,57 c	0
CV			22,40	

* M, J, J, A = maio, junho, julho, agosto.

^b Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P=0,05$).

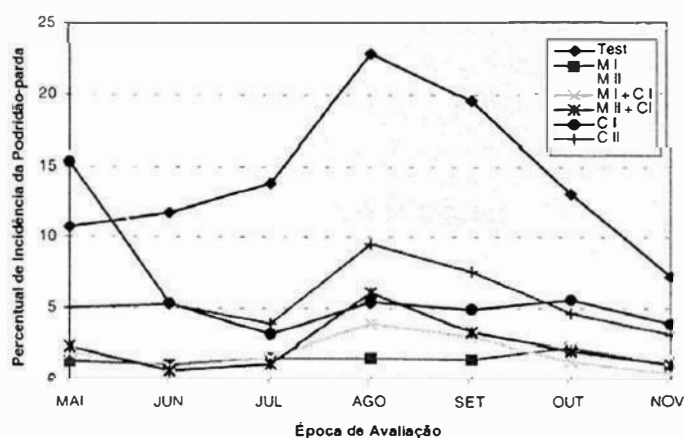


Figura 1. Incidência da podridão-parda do cacaueiro em função das aplicações de metalaxyl, óxido cuproso e alternada dos dois fungicidas

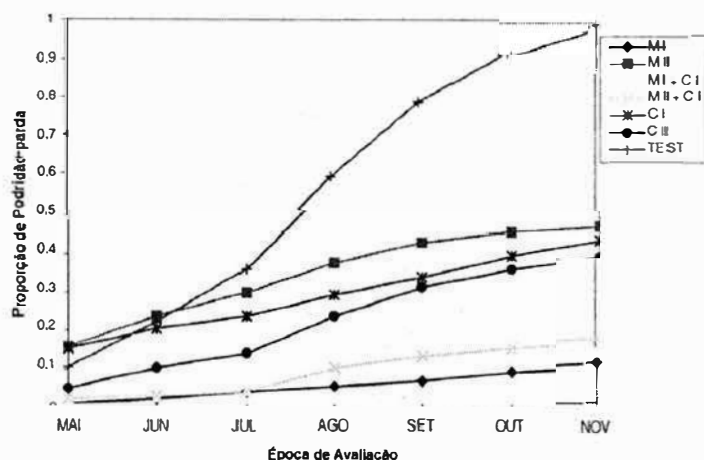


Figura 2. Curvas de progresso da podridão-parda em função das aplicações de metalaxyl, óxido cuproso e alternada dos dois fungicidas

os tratamentos Metalaxyl II e Óxido cuproso I esta redução chegou a ser ainda mais acentuada, passando dos índices iniciais, respectivos, de 15,75 e 15,30 % na primeira leitura, para 7,63 e 5,47 % no pico máximo da doença, registrado no mês de agosto (Fig. 1).

No Experimento II, também não foram observadas diferenças, estatisticamente significativas, entre os tratamentos que receberam a aplicação de fungicidas, mas sim entre eles e as testemunhas (Quadro 3). Os tratamentos com e sem coroamento, da mesma forma, não mostraram diferenças entre si, embora tenham sido registradas incidências ligeiramente mais elevadas naqueles com coroamento. Tais resultados, embora

merecessem ser melhor investigados, inclusive em períodos de avaliação mais prolongados que os testados, mostraram uma tendência que poderia confirmar, também no Brasil, as informações obtidas em estudos epidemiológicos realizados na África, onde ficou demonstrado que a podridão-parda apresentava maior incidência em solos nus, ficando caracterizada inclusive a existência de um gradiente de incidência inversamente proporcional à distância da fonte de inóculo (solo), com 90 % das infecções ocorrendo até 60 cm de altura. Em locais onde o solo apresentava-se com seu revestimento normal, o gradiente não era óbvio e as infecções eram irregularmente distribuídas em toda a planta (Maddison e Griffin, 1981), podendo ser originárias, portanto, das demais fontes de inóculo presentes no cacaueiro.

Os resultados obtidos neste trabalho, demonstraram mais uma vez, a importância do solo como reservatório de inóculo para o início de uma epidemia da podridão-parda, à semelhança do que tem sido observado em outros países (Onesirosan, 1971; Thorold, 1955; Grimaldi, 1957; Newhall *et al.*, 1966b). Embora os resultados não permitam tirar conclusões definitivas, acredita-se que se fossem eliminadas, antes do início de um surto da doença, todas as demais fontes de inóculo que permanecem nos cacaueiros de um ano para o outro, uma única aplicação do fungicida metalaxyl granulado no solo, ao evitar a multiplicação do fungo principalmente em exsudatos de raízes, poderia pôr si só, proporcionar um controle satisfatório da doença, retardando o seu aparecimento, reduzindo sua velocidade de progressão, e consequentemente diminuindo sua incidência e severidade no pico máximo, registrado no presente trabalho, durante o mês de agosto.

Os resultados do Experimento II mostraram, mais uma vez, que a incidência da doença diminuiu tanto com a aplicação do fungicida óxido cuproso quanto do metalaxyl, em comparação com as testemunhas (Quadro 3). O metalaxyl, mesmo com a redução da dosagem para a metade, ainda proporcionou eficácia de controle equivalente àquela registrada no primeiro experimento. Tais resultados vem confirmar, também no Brasil e com a podridão-parda, o papel destacado que o fungicida metalaxyl vem demonstrando no controle de outras espécies de *Phytophthora* em uma série de cultivos em todo o mundo (Bruck *et al.*, 1980; Clergeau e Beyries, 1977; Cohen *et al.*, 1979; Esaton e Nagle, 1985; Anderson e Buzzell, 1982; Davis, 1981, 1982; Falloon *et al.*, 1985; Timmer e Castle, 1985), como também, os resultados positivos obtidos em Camarões e Papua Nova Guiné, no controle da própria podridão-parda do cacaueiro, onde o produto vem sendo recomendado há vários anos (McGregor, 1983, 1984; Prior e Smith, 1982).

Quadro 3. Incidência percentual da podridão-parda (IPP) e percentual de controle da doença (PCD) em função da aplicação dos fungicidas metalaxyl e óxido cuproso. Fazenda Unacau, Una, Bahia, 1994.

Tratamento *	Dosagem do princípio ativo (g / planta)	Época de aplicação ^b	Valores médios acumulados	
			IPP ^c	PCD ^d
1. Metalaxyl I / cc	5.63	Maio, Julho	4.39 a	(T1) 71,49 (T2) 62,76
2. Metalaxyl I / sc	5.63	Maio, Julho	2.69 a	(T1) 82,53 (T2) 77,18
3. Metalaxyl II / cc	2.82	Maio, Julho	4.65 a	(T1) 69,80 (T2) 60,56
4. Metalaxyl II / sc	2.82	Maio, Julho	3.37 a	(T1) 78,12 (T2) 71,42
5. Óxido cuproso I	3.00	M. J. J. A	3.64 a	(T1) 76,36 (T2) 69,13
6. Óxido cuproso II	6.00	Maio, Julho	6.58 ab	(T1) 57,27 (T2) 44,19
7. Testemunha / cc (T1)	0,00	-	15,40 c	00,00
8. Testemunha / sc (T2)	0,00	-	11,79 bc	(T1) 23,44
CV			25,16	

* cc = com coroamento e sc = sem coroamento.

^b M. J. J. A = maio, junho, julho, agosto

^c Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (P=0,05).

^d PCD = percentual de controle da doença calculado com base em ambas testemunhas (T1 e T2)

Literatura Citada

- ANDERSON, T. R., and BUZZELL, R. I. 1982. Efficacy of metalaxyl in controlling *Phytophthora* root rot and stalk rot of soybean cultivars differing in field tolerance. *Plant Disease* 66: 1144-1145.
- ASOMANING, E. J. A. 1964. Black pod disease. Root infection of cocoa by *P. palmivora* Butl. Studies on varietal resistance. In Tabo. CRIG. Report 1962/1963, pp. 23-25.
- BRUCK, R. I., FRY, W. E. and APPLE, A. E. 1980. Effect of metalaxyl, an acylalanine fungicide, on developmental stages of *Phytophthora infestans*. *Phytopathology* 70:597-601.
- CLERGEAU, M., et BEYRIES, A. 1977. Etude comparee de l'action preventive et du pouvoir systemic de quelques fungicides nouveaux (phosphite, proteocarb, pyroxiclore) sur pivron vis-a-vis de *P. capsici* (Leon.) Leonian. *Phytopharmacie* 26:73-83.
- COHEN, Y., REUVENI, M., and EYAL, H. 1979. The systemic antifungal activity of Ridomil against *Phytophthora infestans* on tomato plants. *Phytopathology* 69:645-649.
- CRUZ, H. M., and PAIVA, E. M. 1956. A campanha de combate as pragas e doenças do cacauero na Bahia. In: Reunião do Comitê Técnico Interamericano de Cacau, 6ª, Salvador, Instituto de Cacau da Bahia. pp. 277-290.
- DAKWA, J. T. 1974. The availability of *Phytophthora palmivora* (Butl.) Butl. inoculum for the development of cocoa black pod disease. *Ghana Journal of Agricultural Science* 7: 117-120.
- DAVIS, R. M. 1981. *Phytophthora* foot rot control with the systemic fungicides metalaxyl and phosetyl aluminum. *Proceedings of the International Society of Citriculture* 1:349-351.
- DAVIS, R. M. 1982. Control of *Phytophthora* root and foot rot of citrus with the systemic fungicides metalaxyl phosetyl-aluminum. *Plant Disease* 66:218-220.
- EASTON, G. D., and NAGLE, M. E. 1985. Timing and root absorption affecting efficiency of metalaxyl in controlling *Phytophthora infestans* on potato in northwestern Washington State. *Plant Disease* 69:499-500.
- FALLOON, P. G., MULLEN, R. J., BENSON, B. L., and GROGAN, R. G. 1985. Control of *Phytophthora* rot with metalaxyl in established asparagus. *Plant Disease* 69:921-923.
- GRIMALDI, J. 1957. The present position of research on black pod disease of cocoa in the French Cameroon. In *Cocoa Conference of the Cocoa, Chocolate and Confectionery Alliance*, London, 1957. London, Cocoa, Chocolate and Confectionery Alliance. pp. 90-99.
- JAKSON, G. V. H. and NEWHOOK, F. J. 1978. Sources of *Phytophthora palmivora* inoculum in Solomon Islands cocoa plantations. *Transactions of the British Mycological Society* 71: 239-249.
- LASS, R. A. 1989. Diseases. In Wood, G. A. R. and Lass, R. A. eds. *Cocoa*. New York, Longman, pp. 265-365.
- MADDISON, A. C., and GRIFFIN, M. J. 1981. Detection and movement of inoculum. In Gregory, P. H. and Maddison, A. C. *Epidemiology of Phytophthora on cocoa in Nigeria*. Key, CMI. *Phytopathological Paper* n. 25. 188 p.
- MANÇO, G. R. 1966. *Phytophthora palmivora* in flower cushions, old infected pods and leaves of cacao plants. *Turrialba (Costa Rica)* 16: 148-155.
- MANÇO, G. R. 1974. Blight of shoots, chupons, cuttings, grafts and seedlings. In Gregory, P. H. ed. *Phytophthora disease of cocoa*. London, Longman. pp.149-152.
- McGREGOR, A. J. 1983. Screening of systemic fungicides for the control of *Phytophthora* pod rot of cocoa. *Annals of Applied Biology* 102, (supple) pp. 62-63.
- McGREGOR, A. J. 1984. Comparison of cuprous oxide and metalaxyl with mixtures of these fungicides for the control of *Phytophthora* pod rot of cocoa. *Plant Pathology* 33:81-87.
- MEDEIROS, A. G. 1965. Combate a podridão-parda. *Cacau Atualidades (Brasil)* 2 (1): 3-4.
- MEDEIROS, A. G. 1974. Novos conceitos sobre a podridão parda

- do cacau. *Cacau Atualidades* (Brasil) 11(4): 20-26.
- MEDEIROS, A. G. 1977. Sporulation of *Phytophthora palmivora* (Butl.) Butl. in relation to epidemiology and chemical control of cacao black pod disease. Ilhéus/CEPLAC, Publicação Especial, n.1. 220 p.
- MEDEIROS, A. G., BEZERRA, C. S. e MANDARINO, E. P. 1977. Considerações práticas sobre o controle químico da podridão-parda. Ilhéus, CEPLAC/CEPEC. Extensão Rural. Série Cacau n.1. 20 p.
- MULLER, R. A. 1974. Effect of prophylactic measures on the dissemination of *Phytophthora palmivora*. In Gregory, P.H. *Phytophthora* disease of cocoa. London, Longman. pp. 168-178.
- NEWHALL, A. G. 1967. A note on *Phytophthora palmivora* infected flower cushions on cacao at La Lola, Costa Rica. *Turrialba* (Costa Rica) 17: 232-233.
- NEWHALL, A. G. y DIAZ, F. 1966. Importancia relativa de los canceres del cojin, hojas, mazorcas podridas, ramitas y suelo como fuente de inoculo en la dispersión de *P. palmivora* en cacao. *Cacao* (Costa Rica) 11: 18-19.
- NEWHALL, A. G., DIAZ, F. and SALAZAR, G. 1966. The relative importance of cushion cankers, leaves, rooting pods, twigs and snail as sources of inoculum in the spread of *Phytophthora palmivora* in cacao. *Cacao* (Costa Rica) 11: 18-19.
- NEWHALL, A. G., DIAZ, F. and SALAZAR, G. 1966. The role of chlamydospores of *Phytophthora palmivora* in the survival of the fungus in the soil. *Cacao* (Costa Rica) 11: 20-21.
- NEWHOOK, F. J. and JACKSON, G. V. H. 1977. *Phytophthora palmivora* in cocoa plantation soils in the Solomon Islands. *Transactions of the British Mycological Society* 69: 31-38.
- OKAISABOR, E. K. 1974. *Phytophthora* pod rot infections from soil. In Gregory, P.H. *Phytophthora* disease of cocoa. London, Longman. pp.161-168.
- OLIVEIRA, M. L. e MENGE, J. A. 1995. Efeitos comparativos de metalaxyl, fosetyl-Al e óxido cuproso nos ciclos de vida de *Phytophthora* spp. In Ilhéus, CEPLAC/CEPEC. Informe Técnico 1987-1990. Ilhéus. p. 173-174.
- OLIVEIRA, M. L. and MENGE, J. A. 1998. Comparative effects of metalaxyl, fosetyl-Al, and cuprous oxide on the life cycles and control of *Phytophthora palmivora*, *P. citrophthora* and *P. capsici* on cacao seedlings. *Agrotrópica* (Brasil) 10(2): 103-118.
- ONESIROSAN, P. 1971. The survival of *Phytophthora palmivora* in a cocoa plantation during the dry season. *Phytopathology* 61: 975-977.
- PEREIRA, J. L. M. 1988. Alternative strategies for the chemical control of *Phytophthora* pod rot of cocoa in Bahia, Brazil. Ph.D. Thesis. Long Ashton, Bristol, United Kingdom. University of Bristol. 220 p.
- PRIOR, C. and SMITH, E. S. C. 1982. Control of bark canker in cocoa with metalaxyl. *Tropical Pest Management* 28: 45-48.
- THOROLD, C. A. 1955. Observations on black pod disease (*Phytophthora palmivora*) of cacao in Nigeria. *Transactions of the British Mycological Society* 38: 435-452.
- TIMMER, L. W., and CASTLE, W. S. 1985. Effectiveness of metalaxyl and fosetyl-Al against *Phytophthora parasitica* on sweet orange. *Plant Disease* 69:741-743.
- TURNER, P. D. 1960. Sources of infection by *Phytophthora palmivora*. In Tafo, WACRI. Annual Report 1962/1963. pp. 23-25.
- TURNER, P. D. 1965. Behavior of *Phytophthora palmivora* in soil. *Plant Disease Reporter* 49: 135-137.
- TURNER, P. D., and WHARTON, A. L. 1960. Leaf and stem infections of *Theobroma cacao* L. in West Africa caused by *Phytophthora palmivora* (Butl.) Butl. *Tropical Agriculture* (Trinidad) 37: 321-324.

POLINIZAÇÃO E TÉCNICA DE INFESTAÇÃO ARTIFICIAL DO CACAUEIRO (*Theobroma cacao* L. 1737) COM O PULGÃO *Aphis gossypii* (GLOVER, 1877), [HEMÍPTERA: APHIDIDAE]

Kazuiyuki Nakayama

CEPLAC/Centro de Pesquisas do Cacau. Rodovia Ilhéus/Itabuna, km 22, Ilhéus, BA. kazuiyuki.nakayama@agro.gov.br

Este artigo aborda vários assuntos. Analisa a história da polinização com afídeos em cacaueiro. A etologia dos pulgões na almofada floral, flores e fruto pequeno. A diversidade de afídeos relacionada à polinização do cacaueiro. O mecanismo de aquisição e transferência de pólen resultantes da interação entre os pulgões e a estrutura da flor. A sintomatologia gerada pelos pulgões durante a colonização das almofadas florais, botões, flores, bilros e frutos. Os impactos dos surtos populacionais dos pulgões nas almofadas florais, florescências e polinizações férteis. A mensuração do impacto de colônias de pulgões infestadas artificialmente e protegidas contra seus inimigos naturais na frequência de polinização fértil em cacaueiro autocompatível protegido. Os pulgões *Aphis gossypii* (Glover, 1877) e *Aphis (toxoptera) aurantii* (Boyer de Fonscolombe, 1841), [Hemiptera: Aphididae] foram relacionados como principais afídeos polinizadores do cacaueiro autocompatível. Foi comprovado que os pulgões ao colonizar a almofada floral e forragear em botões florais e flores, geram autopolinizações férteis e frutos, mas também, deixam marcas, vestígios e exúvias nos pedúnculos dos bilros-flor, bilros pequenos e ramos, as quais comprovam que as polinizações e frutificações resultaram das atividades de alimentação e ações dos pulgões. Em cacaueiro engaiolado e protegido, foi comprovado que quanto maior a população de pulgão adicionada no início da florescência então maior é a frequência de polinização e frutificação. A infestação artificial de pulgões sobre a almofada floral e a simultânea proteção dos pulgões contra os inimigos naturais gerou 67,2 frutos contra 11,8 frutos/planta nos cacaueiros infestados naturalmente e desprotegidos dos inimigos naturais, representando um incremento de 570% a frutificação do cacaueiro em relação à infestação natural nas plantas desprotegidas.

Palavras-chave: *Toxoptera aurantii*, *Theobroma cacao*, Forcipomyia, polinização.

Pollination and artificial infestation technique of cacao (*Theobroma cacao* L.) with the aphid *Aphis gossypii* (Glover, 1877), [Hemiptera: Aphididae]. This article addresses several subjects. Analyzes the history of pollination with aphids in cacao. The ethology of aphids on the flower cushions, flowers and small fruit. Aphid diversity related to cacao pollination. The mechanism of pollen acquisition and transfer resulting from the interaction between aphids and flower structure. The symptomatology generated by aphids during the colonization of flower pads, buds, flowers, bilros and fruits. Impacts of aphid population outbreaks on floral cushions, flowering and fertile pollination. Measuring the impact of artificially infested and protected aphid colonies against their natural enemies on the frequency of fertile pollination in protected self-compatible cacao. The aphids *Aphis gossypii* (Glover, 1877) and *Aphis (toxoptera) aurantii* (Boyer de Fonscolombe, 1841), [Hemiptera: Aphididae] were listed as the main pollinating aphids of self-compatible cacao. It has been proven that aphids, when colonizing the floral cushion and foraging on flower buds and flowers, generate fertile self-pollination and fruits, but also leave marks, traces and exuviae on the peduncles of the flower bilros, small bilros and branches, which prove that the pollinations and fruiting resulted from the feeding activities and actions of the aphids. In caged and protected cacao trees, it was proven that the greater the aphid population added at the beginning of flowering, the greater the frequency of pollination and fruiting. The artificial infestation of aphids on the floral cushion and the simultaneous protection of aphids against natural enemies generated 67.2 fruits against 11.8 fruits/plant in cacao trees naturally infested and unprotected from natural enemies, representing a 570% increase in cocoa fruit set in relation to natural infestation in unprotected plants.

Key words: *Toxoptera aurantii*, *Theobroma cacao*, Forcipomyia, pollination.

Introdução

No início do século XX, algumas pesquisas demonstraram que a anemofilia e a hidrofília eram ineficazes na polinização da flor do cacaueteiro. Estas informações estimularam que pesquisas de entomofília no cacaueteiro fossem desenvolvidas. Os primeiros potenciais polinizadores estudados foram pulgões, formigas e tripes. No Ceilão, Sri Lanka, a observação de grãos de pólen aderidos aos corpos de tripes e de pulgão (*Ceylonica theacola* Buckt, sinônimo de *Toxoptera aurantii* Boyer de Fonscolombe, 1841) fortaleceram a hipótese do envolvimento destes insetos na polinização do cacaueteiro (Wright, 1907). Na região Neotropical, em Trinidad, estudo com tripes, formigas e pulgões concluiu que o tripes era o principal polinizador (Caracciolo, 1910). Divergindo deste resultado, na ilha Dominica, estudo empregando gaiolas, confinando flores, pulgões e formigas, concluiu que a formiga era o principal polinizador (Jones, 1912).

Em Trinidad, o exame microscópico de centenas de flores, naturalmente, sitiadas por pulgões e formigas vermelhas, constatou que o pulgão carregava pólen aderido ao corpo enquanto nas formigas não eram observados pólen, incitando dúvidas sobre a capacidade polinizadora da formiga. Todavia, como as formigas eram vistas nas flores andando juntas com pulgões então, concluiu-se que pulgão e formiga eram capazes de polinizar 2% das flores do cacaueteiro (Harland, 1925).

O potencial polinizador da formiga foi aprofundado por pesquisa realizada no Suriname, América do Sul. O binômio pulgão x formiga foi investigado engaiolando os insetos em cacaueteiro. Nas gaiolas sem insetos, das 439 flores apenas uma formou um bilro. Para avaliar várias espécies de formigas, um conjunto de formigas de cada espécie era individualizado numa gaiola; de 624 flores expostas exclusivamente às formigas só cinco bilros foram assentados; por outro lado, nas gaiolas com formigas e pulgões, das 250 flores expostas foram gerados vinte bilros. Foi concluso que, na associação pulgão e formiga, o pulgão é o principal e mais efetivo polinizador enquanto a que a formiga poliniza pouco e ocasionalmente (Stahel, 1928). Nesta direção, em Trinidad, empregando cacaueteiro autocompatível protegido por gaiola, foi constatado que os botões florais depois de abertos só formavam bilros

nas plantas infestadas artificialmente com pulgões e formigas (Pound, 1933).

Na Costa do Marfim, África, cacaueteiros autocompatíveis confinados em gaiolas foram infestados, artificialmente, com a formiga *Crematogaster* spp. Apesar da gaiola protetora, acidentalmente, os cacaueteiros foram infestados por pulgões (*T. aurantii*), psilídeos (*Mesohomotoma tessmanni* Aulmann, 1912) e tripes (*Heliothrips rubrocinctus* Giard, 1912). Nas plantas engaioladas e invadidas por pulgões, as polinizações equivaleram às polinizações observadas nas plantas controles não engaioladas, polinizadas, livremente, por insetos visitantes. Na outra mão, os cacaueteiros engaiolados e infestados, exclusivamente, com populações puras das formigas *Pheidole* spp. e *Camponotus* spp., não foram polinizados, fortalecendo a tese da ineficácia polinizadora das formigas no cacaueteiro (Posnette, 1942).

Em Trinidad, nas amostras de flores de cacaueteiro autocompatível, o pulgão *T. aurantii* foi o mais frequente, o tripes (*Frankliniella parvula* Hood, 1925) foi o menos frequente e a formiga vermelha (*Wasmannia auropunctata* Roger, 1863) esteve ausente em algumas amostras de flores. Foi constatada correlação positiva entre a frutificação observada oito semanas após a data da coleta das amostras e as densidades de formigas e tripes nas amostras das flores (Cope, 1940).

A incompatibilidade gamética no cacaueteiro foi descrita por Pound (1932). Suas pesquisas subsequentes confirmaram as ocorrências de autoincompatibilidade na planta, da intercompatibilidade e da interincompatibilidade entre plantas e confirmaram a natureza genética da incompatibilidade (Pound, 1935). Estes conceitos enfatizam que, natural e evolutivamente, o cacaueteiro previne a endogamia e, através da polinização cruzada entre plantas, incrementa a sua diversidade genética.

Do ponto de vista da produtividade do cultivo, a formação e composição de um cacauel seminal com elevada frequência de plantas autoincompatíveis, faz a produtividade do cacauel muito mais dependente dos insetos que realizam a polinização cruzada, além de descartar os benefícios das autopolinizações realizadas pelos insetos autopolinizadores, tais como os pulgões. À época, a descoberta da incompatibilidade estimulou as pesquisas de entomofília visando identificar os

potenciais insetos polinizadores, evolucionários com o cacaueteiro, capazes de realizarem a polinização cruzada nos cacauais.

Nesta direção, em Trinidad, Billes (1942) demonstrou que a polinização do cacaueteiro era, exclusivamente, entomófila; em gaiolas de confinamento, avaliou a efetividade polinizadora de pulgões, tripes, formigas amarelas, cochonilhas e cigarrinhas na flor do cacaueteiro; comprovou que o pulgão *T. aurantii* realizava polinização fértil e frutífera em variedade autocompatível; observou fragmento de seta de tripes colada numa pequena massa de pólen aderida ao estigma da flor e tomou este fato como evidência da capacidade polinizadora do tripes.

Pela primeira vez na história da polinização do cacaueteiro, foi observada a mosca *Forcipomyia* spp. transportando pólen de flor em flor e de cacaueteiro em cacaueteiro, viabilizando a polinização cruzada entre plantas. Em tubo de vidro, Billes (1942) demonstrou a capacidade polinizadora da *Forcipomyia* spp. a qual, caracteristicamente, transfere uma massa de pólen grande, típica e com elevado número de grão de pólen, que varia entre 120 a 350 grãos. Billes (1942) concluiu que os insetos importantes envolvidos na autopolinização eram a mosca *Forcipomyia* spp., o tripes *F. parvula* e o pulgão *T. aurantii*. Ele finalizou que o único provável agente polinizador capaz de realizar a polinização cruzada no cacaueteiro era a mosquinha *Forcipomyia* spp.

A descoberta da mosca *Forcipomyia* spp. como agente da polinização cruzada e autopolinização no cacaueteiro despertou o interesse de muitos pesquisadores na região neotropical. No entanto, a ideia de que formigas, pulgões e tripes eram polinizadores importantes no cacaueteiro persistia uma vez que a mosca não era encontrada em várias regiões. No Equador, Muntzing (1947) comparou as frequências de grãos de pólen nos estilos de flores infestadas de pulgões e não afídeos. Concluiu que os pulgões, direta ou indiretamente, auxiliados pela ação das formigas presentes, geravam a polinização. Na Costa Rica, Dejean (1949) relatou muitas pequenas formigas pretas, pulgões e tripes pretos presentes nas flores de cacau e que foi observado apenas um espécime de mosquito desconhecido.

Na Colômbia, o exame de insetos coletados juntos com flores de cacau armazenadas em álcool 70° GL,

encontrou 25 espécies, sendo as mais frequentes o tripes das flores, *F. parvula*, seguido pela formiga vermelha (*W. auropunctata*) e o pulgão preto (*T. aurantii*). Concluiu-se que estes insetos desempenhavam importante papel na polinização do cacaueteiro naquele país (Lousada-Siniestra, 1953). Ainda na Colômbia, pesquisador examinando os insetos coletados em flores de cacau, encontrou *T. aurantii* como a espécie mais comum, seguida por *Crematogaster* spp., *F. parvula* e *Anthocoris* spp., em ordem decrescente de frequência. À exceção do *Anthocoris* spp., as demais espécies relatadas apresentaram diferentes quantidades de pólen aderido aos seus corpos (Cardona, 1953).

Na Costa Rica, América Central, Hernandez-B (1965), visualizando e amostrando insetos em flores encontrou sete espécies caminhando sobre o estigma ou em contato com anteras, mas, raramente, carregando grãos de pólen. As duas espécies mais abundantes foram o pulgão-preto (*T. aurantii*) e o tripes da flor (*F. parvula*). As espécies menos, frequentemente, encontradas foram o pulgão do algodoeiro (*Aphis gossypii* Glover, 1877), a pixixica (*W. auropunctata*), a formiga vermelha (*Solenopsis geminata* Fabricius, 1804) e a abelha sem ferrão (*Trigona jaty* Smith, 1863).

As potencialidades polinizadoras destas espécies foram avaliadas confinando espécimes em gaiolas sobre o cacaueteiro autocompatível UF 221. Sozinho, o pulgão (*T. aurantii*) gerou entre 12 a 25 % de polinização quando, respectivamente, infestado com cinco e vinte pulgões por gaiola. Sozinha, a formiga (*W. auropunctata*) causou média de 5 % de polinização. O pulgão (*T. aurantii*) engaiolado junto com a formiga (*S. geminata*), infestado com poucos indivíduos por gaiola, aumentou a percentagem de polinização e infestado com vinte pulgões por gaiola, diminuiu a percentagem de polinização. O tripes (*F. parvula*) causou apenas um por cento de polinização. Interpretando estes resultados, o pesquisador finalizou que “o papel e desempenho desses insetos em condições naturais pode ser bastante diferente, pois foi observado que os comportamentos naturais de alguns desses insetos nas gaiolas eram tão alterados e perturbados que a polinização que eles causaram poderia ser considerada meramente casual” (Hernandez-B, 1965).

Os resultados das pesquisas de Hernandez-B (1965), foram revisados e interpretados por Soria (1965) que, em relação aos pulgões, comentou “não ser possível atribuir elevadas eficiências polinizadoras aos pulgões porque eles exibem hábitos de movimentação lenta e frequências de visitas esporádicas às partes internas das flores, características não peculiares aos bons polinizadores. Prognosticou que os pulgões poderiam servir de atrativo para formigas, que, ao acaso, poderiam depositar grãos de pólen no pistilo das flores”.

Na Bahia, Brasil, nas décadas de 60 e 70, no cacaueteiro, a entomofilia focada na *Forcipomyia* sp. foi muito investigada, mas o mesmo não ocorreu com os pulgões. Também, foi comprovado que a formiga (*A. chartifex*) não participa diretamente da polinização. A pesquisa sugeriu que a formiga poderia exercer uma ação atrativa indireta sobre as moscas polinizadoras e/ou repelente para os seus inimigos (Vello, 1968). Também, foi demonstrado que a abelha nativa sem ferrão (*T. jaty*, Meliponinae) visita e coleta pólen na flor do cacaueteiro autocompatível, mas ela não gera polinização fértil (Soria, 1975).

Antes dos anos noventa, os cacaueiros brasileiros eram formados por cacaueiros híbridos resultantes de polinização aberta. Em função da incompatibilidade gamética (Pound, 1932), estes cacaueiros híbridos seminais poderiam portar elevados graus de autoincompatibilidade ou de interincompatibilidade (Pound, 1935; Cope, 1962). Consequentemente, as polinizações férteis e as frutificações dos cacaueiros com elevada frequência de plantas autoincompatíveis dependeriam muito mais das grandes quantidades de pólen contidas nas massas depositadas nos estigmas e das polinizações cruzadas realizadas, exclusivamente, pelas moscas *Forcipomyia* spp. (Billes, 1942; Hernandez-B, 1965). A necessidade de polinizações cruzadas destes cacaueiros, possivelmente, justifique porque, na Bahia, as moscas do gênero *Forcipomyia* spp. tenham sido os polinizadores mais priorizados e pesquisados nas décadas de 60 e 70.

De fato, na região cacaueira do estado da Bahia, foram estudados os locais de coleta e a distribuição de *Forcipomyia* relacionadas com a floração e frutificação do cacaueteiro (Soria, 1972). Foram descritas as principais características taxonômicas da mosquinha (*Forcipomyia spatullifera*, Soria e Wirth,

1974) e de uma nova espécie de mosquinha polinizadora (*Forcipomyia blantoni*, Soria e Bystrak, 1975). A mosquinha (*F. blantoni*) era a espécie mais abundante nos cacaueiros baianos (Soria e Bystrak, 1975).

As pesquisas também descreveram tabelas etárias e dinâmicas populacionais das mosquinhas polinizadoras (Soria, 1976, 1977a, 1977b). Visando incrementar a produtividade do cultivo, mediante liberações massivas de mosquinhas polinizadoras, então foram iniciadas pesquisas com o objetivo de desenvolver tecnologia para multiplicação massiva das mosquinhas *Forcipomyia* spp. (Besemer e Soria, 1978; Soria, 1978).

Segundo Hernandez-B (1965), a potencialidade polinizadora dos pulgões em cacaueteiro está relacionada com a densidade de pulgões na flor. Então, é relevante determinar quais fatores no ambiente modificam as populações de pulgões. Nos habitats, em geral, as populações dos afídeos são modificadas por fatores bióticos e abióticos. Entre os fatores bióticos se destacam as interações ecológicas predação, parasitoidismo e mutualismo (associação com formigas).

Investigando o mutualismo de pulgão e formiga, em cacaueiros, na Bahia, Silva & Perfecto (2013) constataram a predação sobre o pulgão preto dos citros *T. (Aphis) aurantii*. Os predadores encontrados foram larvas do díptero *Ocyrtamus antiphates* Walker, 1849, dois neurópteros, uma espécie de Chrysopidae, uma espécie de Hemerobiidae não identificada e larvas de uma espécie não identificada de Coccinellidae.

Silva & Perfecto (2013) concluíram que a predação impede que, com frequência, as populações de pulgões alcancem os níveis de dano econômico. Nos levantamentos de formiga e pulgão constataram nove espécies de formigas sendo as mais frequentes *Crematogaster erecta* Mayr, 1866, *Crematogaster victima* Smith, F., 1858, *Ectatomma tuberculatum* Olivier, 1792, *Dolichoderus bidens* Linnaeus, 1758 e *Pseudomyrmex gracilis* Fabricius, 1804. A associação positiva entre formiga x pulgão não foi confirmada. As formigas menos frequentes foram *Cephalotes atratus* Linnaeus, 1758, *Camponotus fastigatus* Roger, 1863, *Camponotus* (*Myrmaphaenus*) sp. e *Ectatomma brunneum* Smith, F., 1858.

Elevadas riquezas de espécies de inimigos naturais do pulgão (*A. gossypii*) foram descritas em outras

culturas. No algodoeiro (*Gossypium hirsutum* Linnaeus, 1767), predando o pulgão (*A. gossypii*), foram encontradas cinco espécies de joaninhas predadoras *Cycloneda sanguinea* Linnaeus, 1763, *Scymnus* sp., *Hippodamia convergens* Guérin-Méneville, 1842, *Eriopis conexa* Germar, 1824 e *Olla v-nigrum* Mulsant, 1866, a tesourinha *Doru luteipes* Scudder, 1876, a mosca predadora *Condylostylus* sp. (Dolichopodidae) e várias espécies de aranhas predadoras. Também, foram observados, no algodão, adultos e larvas de sirfídeos, crisopídeos como *Chrysoperla externa* Hagen, 1861 e *Ceraeochrysa cubana* Hagen, 1861, além do percevejo *Orius* sp e outros predadores. Os parasitoides mais frequentes foram os microhemípteros das famílias Encyrtidae, Eulophidae, Chalcididae, Ichneumonidae e Braconidae (Sujii, Beserra e Ribeiro, 2005). Estes dois últimos relatos alertam que, nos experimentos de avaliação da capacidade polinizadora dos pulgões em cacaueteiro, os impactos dos inimigos naturais precisam ser considerados.

A partir de 1997, para a região cacaueteira baiana, foram recomendadas variedades tolerantes à Vassoura de Bruxa e, concomitantemente, portadoras de elevado grau de autocompatibilidade, tais como CCN51, PS13.19, CP2002, CP49, CP2004, SJ02, BN34, PH16, CCN10, IP1 e outros, (Lopes et al., 2003). Essas variedades autocompatíveis têm sido empregadas, em larga escala, em plantios monovarietais.

Visto que nos cacauetes autocompatíveis, os afídeos podem incrementar a polinização fértil então esta pesquisa foi desenvolvida visando estudar vários aspectos da polinização resultante da interação pulgão e cacaueteiro e também desenvolver uma tecnologia que permita, artificialmente, infestar pulgões em almofadas florais de cacauetes autocompatíveis.

Material e Métodos

Alguns aspectos da etologia, sintomatologia, ecologia, diversidade e prejuízos dos pulgões foram registrados mediante prospecções e observações realizadas em Linhares, ES, em 2021 e 2022, e nos anos 2019, 2020, 2021 e 2022, no extremo sul baiano, em cacauetes monovarietais PS13.19 e, predominantemente, plantados sem sombreamento ou consorciados com coqueiro *Cocos nucifera* L.

Algumas constatações foram realizadas em situações específicas durante atividades de experimentações nestas duas regiões.

A avaliação do impacto da infestação artificial de colônias de pulgões sobre a polinização foi realizada em Belmonte, Bahia, na Fazenda Florianópolis, cujo acesso é localizável através das coordenadas: 16° 0' 57.73"S 39° 4' 38.86"W. O experimento foi instalado num cacauete implantado com a variedade PS13.19, de quatro anos de idade, dotado de sistema de irrigação localizada composto, em cada linha de plantio, por mangueira simples grampeada com nebulizadores do tipo microjet espaçados de 1,5 metros.

O solo do cacauete do experimento é caracterizado como Argissolo Amarelo distrófico (Moreau et al., 2006). Este solo apresenta baixa fertilidade natural, mas, por ter recebido e ser mantido com adições de adubações bimensais e correções de solo semestrais, o cacauete apresentava excelente estado nutricional, com quantidades de macro e micronutrientes suficientes para alcançar produtividade superior a 2.500 quilos de amêndoa seca/ha. Estes fatores potencializavam que o cacauete apresentasse intensa florescência.

O experimento foi instalado conforme o delineamento inteiramente casualizado, com dois sistemas de infestação de polinizadores (tratamentos) e onze réplicas. Cada réplica foi constituída por um cacaueteiro em pleno florescimento. As onze réplicas foram instaladas no período entre outubro de 2020 a dezembro de 2021, em grupos de uma, duas ou três réplicas em cada data. O período que cada réplica permaneceu em experimentação variou entre 62 a 70 dias.

Nas datas da instalação das réplicas foram selecionadas entre uma a três duplas de cacauetes em pleno florescimento que estivessem totalmente livres de pulgões ou de outros insetos tais como formigas, joaninhas, crisopídeos, sirfídeos, cochonilhas e outros. Plantas com estes organismos eram descartadas. Uma toalete floral foi realizada para eliminar flor com tripes. Para tanto, em todos os cacauetes, todas as flores abertas foram removidas inclusive, aquelas flores com bilros diminutos de menos de meio cm, em início de formação, com menos de cinco dias de idade, gerados por polinizações recentes. Adicionalmente, todos os frutos, de qualquer tamanho, inclusive os bilros com remanescentes de pétalas e

sépalas, nominados de bilro-flor, foram removidos mantendo-se nas duplas de cacaueiros réplicas, somente os botões florais fechados, sem antese.

Foram definidos dois sistemas de infestação dos polinizadores: 1 - cacaueiro exposto com livre acesso de polinizadores; 2 - cacaueiro confinado com adição de folhas infestadas com pulgão e protegido de inimigos naturais.

O sistema livre consistiu em possibilitar a visitação espontânea de insetos, com o cacaueiro exposto e desprotegido, permitindo que os insetos polinizadores, predadores e herbívoros tivessem acesso livre à planta. Os mais prováveis e potenciais polinizadores que podem ocorrer nos cacauais baianos são as moscas ceratopogonidae *Forcipomyia blantoni* e *Forcipomyia spatullifera* (Soria e Wirth, 1974; Soria e Bystrak, 1975) e os pulgões o *A. gossypii* e *T. aurantii* (Hernandez-B, 1965).

No sistema confinado manteve-se o cacaueiro protegido de artrópodes por barreira e as plantas foram infestadas artificialmente com pulgões. Para tanto, o cacaueiro foi protegido com uma tenda-cubo de organza de poliéster branca, de quatro metros nas dimensões largura x comprimento x altura, sustentada por quatro estroncas de eucalipto, previamente, fixadas ao solo nos cantos do quadrilátero. As saias da tenda foram presas na superfície do solo empregando fragmentos de troncos de eucalipto e solo. O interior da tenda era acessado através porta de organza localizada num dos cantos da tenda. A porta era vedada por fecho tipo “fita-velcro dupla face” de 3,0 cm de largura e 2,30 m de comprimento, costurado na organza da tenda.

Depois da tenda instalada, na vizinhança do mesmo cacauai, eram coletadas folhas juvenis infestadas com colônias de pulgões (entre 50 a 120 indivíduos/folha). Espécimes alados e ápteros foram armazenados em álcool 70°GL e, para confirmar a espécie, amostras foram enviadas para identificação.

Nas folhas coletadas, fez-se uma toaleta eliminando predadores, formigas, ovos de insetos e outros artrópodes. Nas adições das folhas às plantas, para assegurar a transferência e deslocamento dos pulgões das folhas para as almofadas florais nos ramos, as faces das folhas carregando as colônias de pulgões foram justapostas ao longo do dorso (superior) dos ramos mais horizontais, menos verticalizados, que estivessem carregados de botões florais. Na sequência,

para não caírem, as folhas foram fixadas aos ramos com alfinete de cabeça.

Para estimar o potencial polinizador dos pulgões, foram realizadas uma inspeção e uma avaliação nas réplicas. Entre 20 a 30 dias após a instalação das réplicas foram realizadas inspeções para certificar que os pulgões haviam colonizado as almofadas florais. Alfinetes com cabeça coloridas foram empregados para marcar almofadas florais com distintas densidades de botões, de flores e de pulgões.

A contagem dos bilros foi realizada, entre 62 a 70 dias após a instalação. Nas avaliações dos bilros foram identificados os sintomas nos pedicelos e bilros, os indícios, os vestígios gerados e deixados pelos pulgões no período que eles colonizaram a almofada floral. Também foi contabilizada a quantidade de bilros formados nas almofadas forais, fotografados os sintomas e vestígios encontrados e as frutificações foram categorizada em classes de tamanho para correlacionar com as idades de desenvolvimento dos mesmos.

O modelo analisado estatisticamente foi: bilro (y) = sistema de infestação do polinizador (livre ou confinado) x réplica (11). A análise de variância aplicada sobre os dados da variável resposta bilro foi realizada empregando o software estatístico SAS, com os dados da variável resposta (bilro) transformados pelo cálculo da raiz² ($\sqrt{X+1,0}$). Foi gerada uma análise de regressão e um gráfico em planilhas do Excel.

Resultados e Discussões

Etologia, sintomatologias, prejuízos e benefícios gerados pelos pulgões ao cacaueiro.

Nos cacauais do extremo sul baiano, o pulgão mais observado tem sido o *Aphis gossypii* (Glover, 1877), [Hemíptera: Aphididae] e o menos encontrado o *Aphis* (syn. *toxoptera*) *aurantii* (Boyer de Fonscolombe, 1841) [Hemíptera: Aphididae]. O *A. gossypii* é nominado de pulgão do algodoeiro e o *A. aurantii* é chamado de pulgão preto dos citros, visto que suas fêmeas aladas adquirem a cor preta.

A cor do *A. gossypii* varia entre o verde claro até o verde escuro e, às vezes, mosqueado (Figura 1). Na fêmea alada, a região costa-apical da asa anterior exibe uma faixa longitudinal, discretamente, lignificada e a nervura média se bifurca a partir de 3/4 da sua extensão (Figura 1).



Figura 1 - *Aphis gossypii* (Glover, 1877) - fêmea alada sobre a concha petaloide que protege a antera limitando o contato com o pulgão. Nervura média bifurcada a partir de 3/4 de sua extensão (seta laranja).

A outra espécie de pulgão que ocorre no cacaueiro é o *A. aurantii*. A cor do *A. aurantii* varia entre o marrom claro até o marrom escuro. Nas fêmeas aladas, a região costa-apical da asa anterior exibe uma faixa longitudinal preta e a nervura média se bifurca, somente, na extensão distal, muito próxima à margem alar (Figura 2).

Os pulgões geralmente associam-se aos órgãos e estruturas das plantas que estejam com metabolismos ativos. Assim, no cacaueiro, os pulgões colonizam as folhas jovens dos lançamentos foliares de ramos plagiotrópico ou ortotrópico (Figura 3). As fêmeas aladas ou fêmeas ápteras transportadas por formigas



Figura 2 - *Aphis aurantii* (Boyer, 1841) pousado sobre sépala de botão floral, asa com distinta faixa preta na região costa-apical e ninfas marrons.



Figura 3 - Ápice de ramo ortotrópico colonizado por *A. aurantii*. Formiga mutualista.

colonizam a gema vegetativa desde o início do lançamento foliar, alimentando-se nas folhas juvenis, aproximadamente, por quinze a vinte dias. O *A. gossypii* coloniza, inteiramente, as folhas em desenvolvimento. Nas folhas jovens atacadas, o limbo foliar sofre ligeiras ondulações, suaves enrugamentos, mas não há redução no tamanho da folha, abortamento de folha ou qualquer outro tipo de dano mofo-anatômico (Figura 3).

Depois de vinte dias, as folhas amadurecem, se lignificam, tornando-se inadequadas para os pulgões, reduzindo a densidade populacional (Figura 4). Observações de campo mostraram que folhas de lançamentos foliares atacados, marcados com fita,

obtiveram longevidades iguais às longevidades das folhas sem ataque de pulgão. Potencialmente, na folha, a seiva sugada e extraída pelos pulgões representa o principal dano econômico a ser estimado.

As almofadas florais em florescência do cacaueiro também são colonizadas por fêmeas aladas ou fêmeas ápteras carregadas por formigas, cujas espécies variam de local para local (Figura 5). Ao alcançarem a almofada, no início, os pulgões migrantes e colonizadores se estabelecem no pedicelo do botão floral, no qual há maior fluxo de seiva elaborada.

Reproduzindo por viviparidade, a população de *A. gossypii* pode ser incrementada numa proporção entre



Figura 4 - Folha juvenil com *A. gossypii*.



Figura 5 - Em botões, colônia de *Aphis aurantii* composta de fêmeas ápteras transportadas e cuidadas por relação mutualística com a formiga - *Pheidole* spp.

dois e meio até cinco ninfas por dia (Vendramim, 1980; Guimarães, Moura e Oliveira, 2013). O aumento populacional dos pulgões no pedicelo força a dispersão das fêmeas. Assim, mesmo antes da antese, as novas fêmeas, ápteras e aladas, colonizam as sépalas, Figuras 6 e 7. Em períodos de baixa pluviosidade, as exúvias geradas durante as ecdises ficam aderidas aos pedúnculos e sépalas (Figura 6).

Depois da antese, as fêmeas aladas e ápteras, invadem as estruturas da flor, estabelecendo principalmente, nas guias das sépalas e pétalas. Em geral, as fêmeas ápteras conseguem acessar o interior das conchas, mas as aladas não. Após a antese, por vezes, os estaminódios permanecem oclusos, dificultando que as fêmeas acessem a região do estigma (Figura 8).



Figura 6 - Em botões, colônia de *A. gossypii* com fêmeas aladas autóctones e dispersoras. Exúvias brancas sobre pedúnculos e sépalas (seta vermelha).

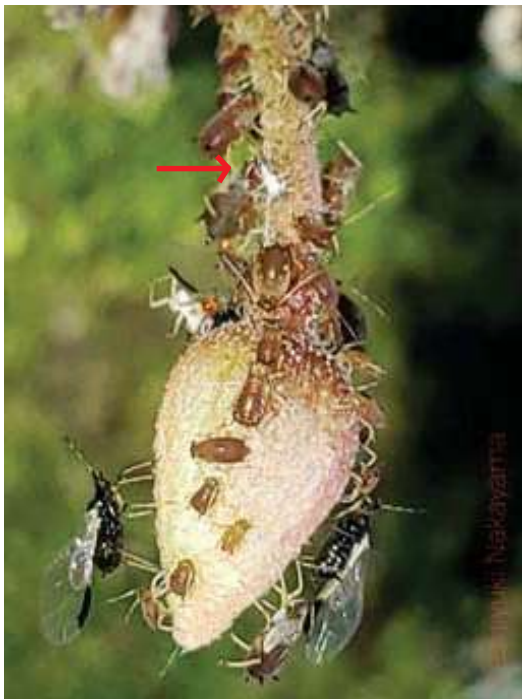


Figura 7 - Fêmeas aladas e ápteras de *Aphis aurantii* (Boyer, 1841) sobre o pedicelo e as sépalas do botão floral. Região costal-apical da asa anterior com faixa longitudinal preta. Exúvias brancas aderidas ao pedúnculo.

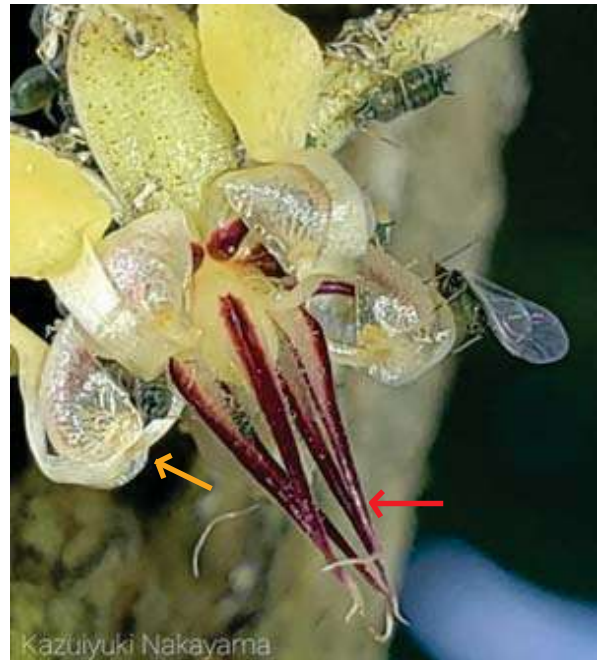


Figura 8 - *Aphis gossypii* (Glover, 1877), pulgão dentro da concha e sobre a antera (seta laranja). Estaminódios oclusos (seta vermelha) limitando acesso dos pulgões ao estigma.

O evento de polinização por afídeo

As observações e análises comportamentais dos pulgões nas flores sugerem que, após a antese, em função da competição populacional no pedúnculo floral, os insetos sítiam e colonizam as estruturas florais em busca de espaço para refúgio, repouso, ecdise ou muda de tegumento e sítio para obtenção de recurso alimentar (seiva elaborada). Dentre estes comportamentos, a busca ativa por seiva elaborada é a ação comportamental que mais potencializa o aumento de frequência do contato entre pulgão e antera, bem como, entre pulgão e estigma-estile. Entre as estruturas ou sítios alimentares da flor, o pedúnculo é a estrutura-sítio alimentar onde a seiva circula com maior intensidade e, também, é a mais concorrida e procurada pelos pulgões para alimentação (Figuras 5, 6, 7 e 8).

Apesar de não ter sido estudada, depois do pedúnculo, considerando a morfologia e anatomia da flor, é plausível considerar que a circulação da seiva seja uniforme nas demais estruturas da flor, porém, em função do tamanho da sépala e pétala, a seiva deve circular mais concentrada nas guias coloridas das pétalas e nas entumecidas guias das sépalas. Por isso, possivelmente, as fêmeas de pulgões sejam mais

observadas estacionadas ou se alimentando: (i) sobre a guia e centro das sépalas (Figuras 8, 10); (ii) por dentro e por fora da concha, mas sobre as guias coloridas das conchas petaloídes (Figura 9); (iii) muito menos frequentemente, sobre o ovário (Figura 10); (iv) sobre as faces internas dos estaminódios; (v) e, muito mais raramente, sobre o estigma.

Nestas estruturas florais, apropriadas pelos pulgões como sítio-de-alimentação, a busca de alimento sobre a guia colorida no interior da concha, onde se encontra a antera, é a ação potencial que mais pode favorecer a aquisição de carga de pólen. A depender do tamanho da fêmea, a massa ou granulo de pólen pode ser adquirido se as fêmeas passarem comprimidas entre a concha e antera. Assim, as regiões pleural e dorsal, do tórax e abdômen, podem ser contaminadas com grânulos de pólen. Adicionalmente, no interior da concha, as fêmeas, casualmente, podem caminhar sobre a antera, contaminando pernas, tarsos e garras com pólen.

Por sua vez, dependendo do tamanho da fêmea, a transferência ou deposição da carga de pólen adquirida para o estigma-estilete pode, potencialmente, ocorrer quando a fêmea sair de dentro da concha petaloíde, carregando carga de pólen no tórax ou abdômen ou



Figura 9 - Fêmea áptera sobre ovário (seta vermelha), aladas sugando a guia da sépala (seta laranja), fêmea áptera dentro da concha petaloíde (seta amarela). Pulgões nos pedúnculos da flor e botões florais.



Figura 10 - Flor com *A. gossypii*. Fêmea áptera sugando guia da sépala e sobre o ovário; estigma ressecado (danificado) por ter sido sugado por pulgão (seta vermelha). Micro grânulos de pólen sobre estaminoide (seta amarela).

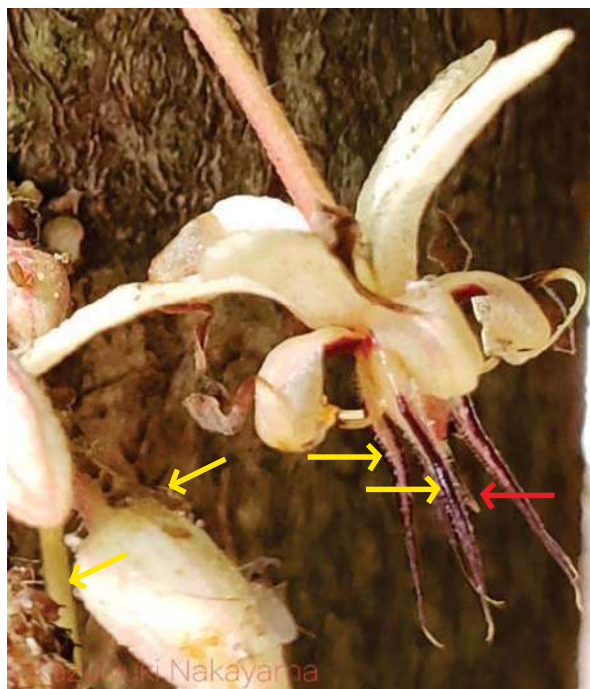


Figura - 11 - Flor polinizada por fêmeas de *A. aurantii*, com estigma "queimado" pelo desenvolvimento dos tubos polínicos (seta vermelha), com micro grânulos e esfregaço de pólen (setas amarelas) nos estaminódios, concha petaloíde recobrendo as anteras, botões florais vizinhos colonizados por fêmeas.

pernas e garras e, em seguida, as fêmeas buscarem se alimentar sobre o ovário, ou sobre as faces internas dos estaminódios ou sobre o próprio estigma (Figura 10). Neste último, a sucção da seiva ou picada de prova no estigma realizada pela fêmea pode inviabilizar o desenvolvimento do tubo polínico, como mostra a Figura 10.

Decorridos de 36 horas a três dias após a deposição do pólen, o ápice do estigma se mostra escurecido em função do crescimento dos tubos polínicos, as sépalas se mostram bastantes inchadas e pétalas dão fortes sinais de murcha (Figura 11). Nos estaminoides destas flores, por vezes, são vistos aglomerados punctiformes ou esfregaços de pólen, indicativo de que pólen aderidos nas pernas, tarsos ou abdômen foram transferidos quando as fêmeas caminharam sobre os estaminódios (Figuras 9, 10 e 11).

A transformação anatômica de ovário para bilro é rápida. Ela pode ser inicialmente visualizada três dias após a polinização (Figura 11), mas se acentua quatro a cinco dias depois, quando o bilro-flor mostra as pétalas bastante ressecadas, o estigma totalmente ressecado, escurecimento da casca, mas as sépalas ainda túrgidas (Figura 12).

As colônias de pulgões nas almofadas florais são compostas de fêmeas aladas (as maiores) e fêmeas

ápteras com tamanhos variando de pequeno a grande. Em função da abertura e diâmetro da concha, o espaço entre a antera e a concha, dificilmente, permitiria o ingresso da fêmea alada. Como a fêmea alada é a forma que potencializaria a polinização cruzada, dispersão de pólen entre plantas, então pode ser pressuposto que os pulgões realizam, somente, a autopolinização na flor do cacaueteiro.

Para que o pulgão adquira a carga de pólen, em função da viscosidade do pólen, é preciso que o pulgão transite espremido, entre a concha e antera. Então, em função do tamanho, só as fêmeas maiores podem adquirir e transferir grânulo ou massa de pólen contendo quantidade de grãos de pólen suficiente para gerar uma polinização fértil e frutífera.

Nas fêmeas constataram-se manchas e grânulos de pólen nas regiões pleural e dorsal, do tórax e abdômen e nas pernas, tarsos e garras. Nos estaminódios, foram encontrados esfregaço e grânulo de pólen de vários diâmetros, contudo, na flor, em nenhum levantamento foi encontrada uma massa ou uma mancha de pólen que carregasse uma quantidade elevada, com mais de 350 pólenes, tal como, tem sido observado e descrito com *Forcipomyia* spp. (Billes, 1942; Hernandez, 1965).

Observações e análises dos comportamentos de fuga, dispersão, ecdise e repouso dos pulgões na almofada floral permitem concluir que o comportamento alimentar é o principal fator promotor e envolvido na aquisição e transferência do pólen, respectivamente, da antera para o pulgão e do pulgão para o estigma.

Esta pesquisa não mensurou, mas constatou haver indícios de que a quantidade de pólen adquirida pelos pulgões varia em função do tamanho das fêmeas, da região e da parte do corpo do inseto que contata a antera, sugerindo que a carga de pólen adquirida pode variar de contato para contato ocorrido entre pulgão e antera, podendo, inclusive, ser adquirida e transferida quantidade de pólen insuficiente, para gerar uma polinização fértil e frutífera.

De fato, os levantamentos mostram ocorrências de polinizações que iniciam a formação dos bilros-flor, mas que, logo em seguida, cessam o desenvolvimento e abortam, conforme mostram as Figuras 13 e 14. As polinizações com quantidade insuficientes de pólen, possivelmente, estejam relacionadas e expliquem as ocorrências dos abortos de bilros-flores.



Figura 12 - Bilro-flor, quatro a cinco dias após polinização realizada pelo *A. gossypii*, com ninfas sugando a seiva sobre sépalas, bilro-flor. Estigma "queimado" (seta vermelha) e exúvias (seta laranja).



Figura 13 - Bilro-flor iniciado e abortivo, possivelmente, devido à polinização insuficiente.



Figura 14 - Bilro-flor iniciado e abortivo, possivelmente, devido à polinização insuficiente gerada por *A. aurantii*.

Após a polinização, nos primeiros sete dias iniciais, muitas vezes, os pulgões continuam sugando a seiva no pedúnculo ou no bilro em desenvolvimento, Figuras 15, 16 e 17. Sobre bilro e pedúnculo, as fêmeas mudam seus tegumentos e deixam suas exúvias depositadas sobre bilros, pedúnculos, almofadas florais e ramos. Em períodos de estiagens estas exúvias se acumulam e ficam muito visíveis, Figuras 16. Em períodos mais chuvosos a maioria das exúvias é removida pela água das chuvas (Figura 17). Estes restos corporais, vestígios e indícios caracterizam com precisão os bilros gerados por polinizações de afídeos.

A colonização do pedúnculo gera uma deposição de excrementos açucarados, "honey juice", excretados pelos pulgões que provoca o



Figura 15 - Colônia mista composta de *A. gossypii* e *A. aurantii* sugando no pedúnculo e bilro-flor. As fêmeas aladas geradas em situ.



Figura 16 - Colônia de *A. gossypii* sitiando e alimentando-se no pedúnculo. Bilro-flor com exúvias brancas (seta vermelha).

escurecimento da casca do pedúnculo e das sépalas (Figura 18). Nos pontos onde os pulgões introduziram seus estiletos e sugaram a seiva, em geral, desenvolvem necroses, as quais evoluem para os pontos escuros de várias gradações e diâmetros (Figuras 19 e 20).

As colônias de pulgões, mais persistentes e longevas, geram necroses maiores e mais escuras enquanto que as colônias menos longevas geram leves escurecimentos nas cascas dos pedúnculos. Nos bilros, somente, as necroses maiores podem gerar cicatrizes nos frutos adultos (Figura 21). Enfatize-se que apesar dos pulgões gerarem estas lesões, nos pedúnculos e bilros, as lesões não promovem o peco dos bilros. Pelo contrário, os bilros vingam e se desenvolvem normalmente (Figuras 15, 16 e 17, 18, 19, 20, 21).



Figura 17 - Colônia de *A. gossypii* sitiando e alimentado sobre o bilro-flor. Exúvias brancas (seta vermelha) geradas na mudança de tegumento.

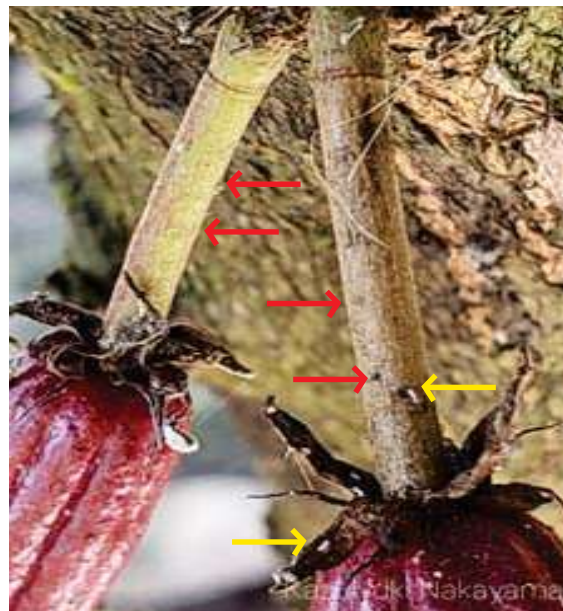


Figura 19 - Escurecimento da casca do pedúnculo e manchas necróticas nos pontos sugados pelos pulgões (seta vermelha) e exúvias (seta amarela).

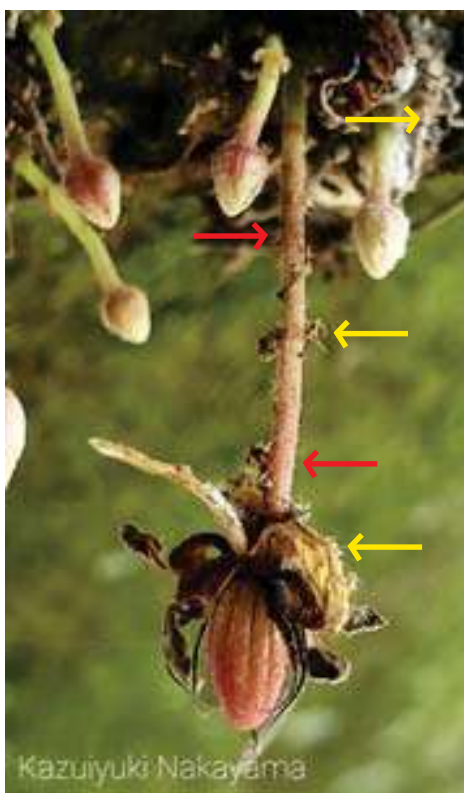


Figura 18 - Casca do pedúnculo com micros manchas necróticas (seta vermelha) e exúvias (seta amarela).



Figura 20 - manchas necróticas nos locais, intensamente, sugados pelos pulgões (setas vermelhas) e exúvias (seta amarela).

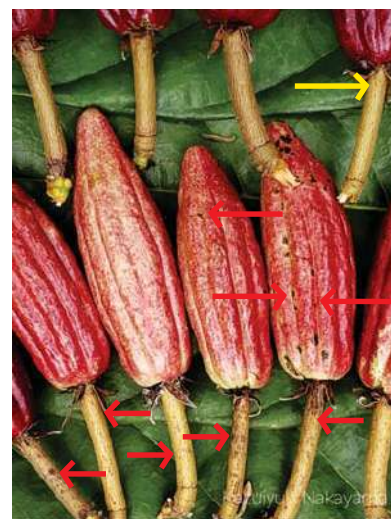


Figura 21 - Bilros de três a quatro semanas de idade com cascas dos pedúnculos mostrando manchas necróticas (setas vermelhas) de várias gradações e diâmetros. Pedúnculos colonizados por pequenas colônias geram fracas e delicadas necroses, quase imperceptíveis (seta amarela).

Relações entre tamanho da almofada floral, população e frequência de flores polinizadas por pulgões.

O tamanho da almofada floral do cacaueteiro varia, na planta, em função do diâmetro do caule, idade da planta e variedade. Quanto maior a idade da planta maior o diâmetro dos ramos e quanto maior o diâmetro do ramo maior a almofada floral.

No cacaueteiro, a almofada floral em florescência é o sítio de nidificação e fonte de alimento dos pulgões. Para um agente polinizador, ter o sítio de criação e alimentação no próprio hospedeiro, proporciona aos pulgões, em relação os mosquitos polinizadores *Forcipomyia* spp., a vantagem das disponibilidades do sítio e recurso alimentar para sobrevivência e multiplicação das suas populações. Por esta razão, o tamanho da almofada floral e a longevidade da florescência determinam a longevidade da colônia e a densidade da população suportada pela almofada floral.

Foi constatado que numa almofada floral pequena, carregando única flor, uma colônia composta com 35 a 60 pulgões gerou uma polinização fértil e frutífera (Figura 22). Embora com pouca frequência, foi observado numa almofada pequena carregando duas flores, cada qual com 70 a 90 pulgões/flor, foram geradas duas polinizações férteis e dois bilros de idênticos tamanhos e idades (Figura 23). Muito menos frequentemente, em pequenas almofadas em florescência, foi constatada expansão de uma sucessão de antese em três flores, nas quais os pulgões realizaram uma sucessão de polinizações que produziram três bilros de idades crescentes (Figura 24).

Conquanto as pequenas almofadas colonizadas por pulgões possam gerar, eventualmente, estas bilrações múltiplas, em geral, sobre as pequenas almofadas florais, os pulgões geram, habitualmente, frutos isolados nos ramos.

Por sua vez, nos ramos grossos, com almofadas florais grandes ou em variedades que carregam grandes e densas almofadas florais, a florescência é mais longa, duradoura e de maior densidade floral. Nestas almofadas, os pulgões migrantes colonizam os primeiros botões florais, depois, reproduzem e migram, ou são transportados por formigas, para outros botões e flores da mesma almofada ou para flores de almofadas vizinhas e próximas. Na proporção que a população aumenta, principalmente, nos troncos e ramos grossos,



várias flores da mesma almofada floral ou almofada vizinha são polinizadas, simultaneamente, produzindo aglomerado de bilros de idades e tamanhos iguais ou muito próximos (Figura 25). Estes conjuntos de frutos assemelham às "pencas" frutíferas (Figura 26).

Figura 22 - pequena almofada com bilro isolado.



Figura 23 - pequena almofada floral com duas polinizações, quase simultâneas, gerando bilros de mesma idade. Pulgões no pedúnculo e no bilro.



Figura 24 - Sucessão de antese e polinizações gerando bilros de idades distintas em pequena almofada floral. Exúvias nos pedúnculos e sépalas enegrecidas.



Figura 25 - Aglomerado ou "penca" de bilros-flor (seta vermelha) com tamanho e idade de dois dias após autopolinizações de *Aphis gossypii*.



Figura 26 - "Pencas" de bilros gerada por colônia de pulgão em almofada floral grande.

Relação entre longevidade da florescência, frequência de surto de pulgão, tamanho e idade de fruto e uniformidade de maturação dos frutos.

A intensidade da florescência no cacaueiro varia ao longo das estações climáticas em função da radiação, da periodicidade das chuvas e estiagens, da temperatura e da carga frutífera (Alvim, 1956, 1984; Vogel, Machado e Alvim, 1982). Do final da primavera até o início do outono, o cacaueiro pode realizar florescência com duração superior a quarenta e cinco dias. Em geral, estas longevas e intensas florescências ocorrem em cacaueiro bem ensolarado, adubado e pouco carregado de frutos conforme observado na Fazenda Florianópolis, Belmonte, BA, abril/2021. (Figura 27).

Nestas situações físicas e fenológicas, tem-se constatado ocorrências de surtos de pulgões nas almofadas florais com subseqüentes incrementos de polinização fértil e bilração. Em geral, quanto mais rapidamente, a planta é colonizada pelos pulgões mais intensa tem sido a polinização e mais rapidamente os bilros são gerados e as plantas carregadas de frutos. Nestas circunstâncias, a frutificação gerada se notabiliza pela elevada quantidade de bilros e alta uniformidade de idade e tamanho dos frutos. Não é incomum serem gerados mais de cem bilros por florescência/planta,

conforme foi observado na Fazenda Florianópolis, Belmonte, BA, em junho de 2021 (Figura 28).

Surtos de pulgões em almofadas florais com elevados potenciais polinizadores podem ser observados na região cacaueira e no sul da Bahia e, também, no norte do Espírito Santo. Na fazenda Dedo de Deus, Linhares, ES, em agosto de 2022, foi encontrado cacaueiro carregado com 287 frutos. A maioria dos pedúnculos apresentavam pontos escuros e necróticos e exúvias indicativos da ocorrência de surto de pulgão (Figura 29).



Figura 27 - Cacaueiro a pleno sol em plena e longa florescência. Belmonte, BA. Maio/2021.



Figura 28 - Frutificação com mais de cem frutos/cacaueiro a pleno Sol e irrigado. Belmonte. BA. Maio/2021.



Figura 29 - Frutificação com poucas classe de tamanho de fruto, indicativo de frutificação gerada por polinização intensiva e forte surto de pulgão. Na fazenda Dedo de Deus, Linhares, ES. Agosto/2022.

Tomando-se, como referência, a relação entre tamanho versus idade dos frutos, foi possível concluir que a maioria das polinizações que originaram esta carga frutífera nesta planta ocorreu num intervalo de tempo menor do que quarenta e cinco dias. Na fazenda Alvorada, Eunápolis, BA, Setembro/2021, foi observado um cacaueiro com 217 frutos com seus pedúnculos exibindo vestígios de exúvias de pulgões. A correlação entre tamanho e idade dos frutos também indicou que a maioria das polinizações geradoras desta carga frutífera ocorreu num intervalo entre quarenta e cinquenta dias (Figura 30).

No centro do município de Linhares, ES, em julho de 2022, em frente ao escritório regional da Ceplac, num terreno, praticamente, todo pavimentado, impróprio para a multiplicação da mosca *Forcipomyia* spp., foi encontrado um cacaueiro de três e meio anos de idade com 162 frutos (Figura 31). A maioria dos pedúnculos dos frutos apresentavam pontos escuros, superficialmente necróticos e havia muitas exúvias de pulgões aderidas aos ramos e troncos. A relação entre



Figura 30 - Frutificação com grande uniformidade no tamanho e idade dos frutos, gerada por intensivo e continuado surto de pulgões, causadores da intensiva polinização. Fazenda Alvorada, Eunápolis, BA. Setembro/2021.



Figura 31 - Intensa frutificação com elevada uniformidade no tamanho e idade dos frutos gerada por intensa e concentrada polinização realizada por pulgões em surto populacional. Linhares, ES. Escritório CEPLAC, julho/2022.

tamanho versus idade dos frutos indicava que a maioria das polinizações que originaram a carga frutífera carregada pela planta ocorreu num intervalo de tempo menor do que trinta dias.

Planta com carga frutífera de elevada uniformidade de idade e tamanho ocorrem quando o surto populacional de pulgões aumenta, contínuo e rapidamente, e as almofadas florais são colonizadas num curto espaço de tempo. Para que os surtos de pulgões possam ocorrer é necessário que, no mínimo, haja intensa florescência (sítio alimentar do pulgão), baixa pluviometria e reduzidas populações de inimigos naturais (IN) dos pulgões.

Estas condições são necessárias porque a alta pluviometria impacta fortemente os surtos de pulgões, reduzindo a população (Cividanes, 2002; Carvalho, Bueno e Martinez, 2002; Leite et al., 2002; 2008; Fabrício, 2003; Hubaide, 2010; Wies, 2019). Do mesmo modo, a elevação das populações dos inimigos naturais, principalmente, predadores e parasitoides, também, podem diminuir ou interromper os surtos de pulgões, reduzindo suas populações

num curto espaço de tempo (Cividanes, 2002; Sujii, Beserra e Ribeiro, 2005; Hubaide, 2010; Silva & Perfecto, 2013; Cunha, 2017).

As observações registradas por esta pesquisa mostram que, em princípio, tomando a relação estrutural entre estas variáveis, quando surge um surto de pulgão sobre uma florescência e, na sequência, inicia um período chuvoso ou um surto de inimigos naturais, a frequência de polinização pode ser diminuída ou interrompida. Na sequência, se o período chuvoso é interrompido ou o surto de inimigo natural é diminuído então pode haver um aumento da população de pulgão e a polinização é retomada.

Esta sucessão de florescência, surto de pulgão, incremento da polinização, período chuvoso ou surto de inimigo natural, repetida no tempo, pode se estender ao longo dos meses até que as polinizações realizadas pelos pulgões acumulem e carreguem, completamente, a planta com frutos. Ao final de um período de três a cinco meses, a planta que foi polinizada por estes intermitentes e sucessivos surtos de pulgões irá apresentar uma carga frutífera com várias classes de frutos que se diferenciam pelos distintos tamanhos e idades (Figura 32).



Figura 32- Carga frutífera composta por frutos, de distintas classes de tamanho e idade, gerados por polinizações realizadas por populações de pulgões, presentes em surtos ocorridos ao longo de quatro meses passados. Fazenda Florianópolis, Belmonte. BA. Setembro/2021

Em outras palavras, a presença, em cacauzeiros autocompatíveis, de carga frutífera composta de conjuntos ou classe de frutos de distintos tamanhos e idades é uma evidência de que estes frutos foram originados por polinizações produzidas por sucessão de pequenos surtos de pulgões que ocorreram ao longo do tempo passado recente. Estes conjuntos de frutos de mesma idade e tamanho só são possíveis porque os pulgões possuem elevada capacidade reprodutiva, que potencializa um aumento da densidade populacional num curto espaço de tempo, densidade esta que viabiliza a infestação simultânea de várias almofadas florais com múltiplas polinizações, que geram estes grupos de frutos de mesmo tamanho e idade.

De fato, a taxa de fecundidade do *A. gossypii*, em função da temperatura, varia de 2,69 ninfa/adulto/dia a 20°C para 2,85 ninfa/adulto/dia a 25°C. Adicionalmente, o período de ninfa ou o tempo para alcance da maturidade reprodutiva é reduzido de 13,5 dias a 15°C para cinco dias a 30°C (Ebert e Cartwright, 1997; Soglia, Bueno e Sampaio, 2002).

Estas taxas reprodutivas asseguram que as elevadas fecundidade e precocidade reprodutiva dos afídeos potencializam a aceleração do crescimento populacional, (Leite et al., 2008), em níveis suficientes para aumentar a frequência de autopolinização num curto espaço de tempo. Em geral, florescência duradoura e prolongada que sustenta a elevação de surto populacional de pulgões gera carga frutífera de elevada uniformidade de idade, tamanho e maturação, a qual permite, inclusive, a redução do número de colheitas na planta (Figura 33).



Figura 33 - Elevada uniformidade de maturação em frutos promovida pela intensificação e concentração da polinização gerada por surto populacional de pulgões, Fazenda Florianópolis, Belmonte, BA. Novembro/2022.

Prejuízo do pulgão sobre o botão floral e florescência.

As elevadas fecundidades e precocidades reprodutivas dos afídeos potencializam a aceleração do crescimento populacional, gerando o benefício do incremento da polinização fértil no cacauzeiro. Este elevado potencial reprodutivo não é prejudicial quando o pulgão ocorre na folha e, também, quando ocorre no bilro, visto que não provoca abortamento do bilro e perda do fruto e produção.

Por sua vez, a florescência no cacauzeiro é vigorosa. Em plantas mais velhas, bem nutridas e supridas de água, com ramos grossos, almofadas grandes, em geral, as florescências são duradouras e prolongadas. Quando boas condições para os pulgões coincidem com estiagens, os pulgões incrementam suas densidades populacionais para níveis que podem causar murchas de botões florais e redução na densidade de flores em antese (Figuras 34 e 35). Apesar deste prejuízo à florescência, a produtividade do cacauzeiro não é colocada em risco porque a florescência do cacauzeiro é abundante e quando esta perda floral ocorre, em geral, os pulgões já geraram inúmeras polinizações férteis e frutíferas conforme mostra as Figuras 25, 29 e 30. Portanto, as populações de pulgões nos cacauais devem ser estimuladas, promovidas e consideradas benéficas.



Figura 34 - Botões florais abortivos recobertos de fumagina desenvolvida sobre excreções açucaradas produzidas pelos pulgões.



Figura 35 - Botões florais e flores murchas, recobertos de fumagina e com exúvias (seta amarela) brancas gerada nas ecdises dos pulgões.

Nos cacauais com alta frequência de plantas autoincompatíveis a presença da *Forcipomyia* spp. é obrigatória, pois estes mosquitos são os únicos agentes conhecidos que realizam a polinização cruzada. Também, mesmo que as populações de pulgões estivessem presentes, seus benefícios polinizadores não seriam, totalmente, aproveitados. Portanto, o cacauel autoincompatível sempre terá sua produtividade limitada por descartar as autopolinizações geradas pelos pulgões e moscas *Forcipomyia* spp.

Por sua vez, o propágulo vegetativo é uma cópia idêntica da matriz. A planta originada do propágulo mantém todos os fenótipos da matriz. Sendo a matriz autocompatível, todo cacauel formado com muda de propagação vegetativa será autocompatível e beneficiado pelas polinizações realizadas pelos insetos que realizam a autopolinização e a polinização cruzada, isto é, pulgões e mosquitos *Forcipomyia* spp.

Às empresas e instituições produtoras de sementes híbridas destinadas à produção de mudas e formação de cacauais seminais, recomenda-se empregar plantel de matrizes e sistema de produção que produzam sementes que formem mudas-progênes e cacauais que contenham alta frequência de plantas autocompatíveis e muito baixa frequência de planta autoincompatíveis para o cacauel ser beneficiado pelas autopolinizações realizadas pelos pulgões e mosquitos *Forcipomyia* spp. e depender menos das polinizações cruzadas realizadas, exclusivamente, pelas *Forcipomyia* spp.

Vantagens proporcionadas pela autocompatibilidade.

Considerando a variável polinização, o cacauel varietal autocompatível apresenta as seguintes vantagens em relação ao cacau seminal, composto com algum percentual de plantas autoincompatíveis:

- Incorpora à produção todas as polinizações férteis geradas pela *Forcipomyia* spp. e pelos pulgões autopolinizadores para aumentar a produção.

- Expande a fronteira agroecológica e territorial para o plantio de cacau, potencializando a implantação de cacauel em regiões com baixa ocorrência de *Forcipomyia* spp., como o semiárido e região do cerrado, visto que, a reprodução da *Forcipomyia* sp. exige a presença da serapilheira com alta umidade e matéria orgânica em decomposição primária.

- Potencializa a implantação de cacauais em regiões com baixa pluviometria, em função da potencial ocorrência de pulgões autopolinizadores do cacauero;

- Viabiliza a polinização do cacauero mesmo em períodos de baixa pluviometria diminuindo a sazonalidade da frutificação.

Avaliação da Técnica de Infestação Artificial de Pulgões em Cacauero Autocompatível.

O experimento para avaliar a técnica de infestação artificial constou de dois sistemas de infestação de insetos polinizadores: a) acesso livre com infestação natural de pulgão, outros insetos polinizadores e inimigos naturais; b) confinado, com pulgão infestado artificialmente e acesso impedido para outros polinizadores e inimigos naturais. Na Figura 36 pode ser observada a maneira como (folhas com colônia) os pulgões foram adicionados às almofadas florais. A Figura 37 mostra a frutificação com frutos formando “penca frutífera” gerada pelos pulgões infestados artificialmente.

Os resultados da análise de variância dos dados de bilros gerados pelos dois sistemas de polinização natural constam da Tabela 1. A Anova confirma que a variável sistema de infestação de polinizadores é altamente significativo, com $F_{Pr} < 0,0001^{**}$, C. V. = 22,20 e $R^2 = 0,790$.

Os resultados comprovam que a densidade populacional de pulgões impacta, diretamente, a frequência de polinização e que ela depende da população inicial infestante. De fato, foi comprovado



Figura 36 - Cacaueiro protegido com tenda (seta laranja), folhas com pulgões fixadas aos ramos (seta vermelha), almofadas florais em florescência e mangueira de irrigação com dispersor trijet (seta amarela).



Figura 37 - Cacaueiro protegido por tenda com carga frutífera composta por distintas classes de tamanho e idade de frutos, gerados por polinizações realizadas por pulgões infestados no início da florescência durante 60 dias de confinamento. "Pencas" de frutos (seta amarela) gerados pelas por colônias de pulgões e seus descendentes.

Tabela 1 - Análise de variância dos dados de bilros formados em cacaueiros polinizados por dois sistemas de polinização (a-desprotegidos e polinizadores livres e b-cacaueiros protegidos e pulgões infestados e confinados)

Causa de variação	GL	SQ	QM	F value	Pr>F
Sistema de polinização	1	124,014	124,014	75,41	<0,0001
Resíduo	20	32,890	1,645		
Total	21	153,905			
R ² = 0,790 C. V. = 22,20 Root MSE= 1,282 Média de bilro = 5,78					

que quanto maior é a população adicionada no início do florescimento então maior é a quantidade de polinizações e frutos produzidos num determinado período. Estes resultados concordam com as observações realizadas por Hernandez-B (1965), que assegurava ser a efetividade polinizadora dos pulgões no cacaueiro dependente da densidade populacional dos afídeos na almofada floral.

A sintomatologia da frutificação resultante das polinizações geradas pelas populações de pulgões infestadas artificialmente reproduziu as "pencas" e a carga frutífera composta por conjuntos ou classe de frutos de distintos tamanhos e idades. Estas características da frutificação asseguram que as classes de frutos por tamanho e idade foram promovidas por polinizações geradas por sucessão de pequenos surtos ou incrementos populacionais de pulgões ocorridos ao longo do tempo passado recente, tal como tem sido observado nos cacauais dos Estados do ES e da BA.

O impacto da população, infestante inicial, de pulgões sobre a polinização está representado na Figura 38, que reporta, na abscissa (x), a população inicial de pulgões por meio do número de folhas com colônias adicionadas no início do experimento e, na ordenada (y), reporta a quantidade de polinizações férteis e/ou bilros gerados pela população inicial adicionada ou seus descendentes, bilros que foram acumulados durante os sessenta dias de experimentação. O zero da abscissa representa a quantidade de folhas não adicionada às plantas desprotegidas, que foram infestadas, naturalmente, pelos insetos polinizadores livres. Os pontos sobre a ordenada são as quantidades de polinizações e bilros gerados pelas populações de polinizadores que infestaram, naturalmente, os cacaueiros sem tenda e desprotegidos. Os resultados descritos na Figura 38 confirmam que quanto maior a

quantidade de colônias de pulgões é adicionada, no início da infestação, maior é quantidade de fruto produzido no período.

A Tabela 2 reporta que as infestações artificiais dos pulgões confinados e protegidos geraram, depois de sessenta dias, mais polinizações férteis e frutíferas, média de 67,2 bilro/planta, do que as infestações espontâneas de insetos polinizadores livres, média de 11,8 bilros/planta, correspondendo a um incremento de frutificação de 570%. Semelhante incremento de polinização gerado por pulgão também foi reportado por Hernandez-B (1965).

As polinizações e fertilização ocorridas nas plantas protegidas foram geradas, exclusivamente, pelas populações de pulgões visto que as formigas e outros polinizadores sempre estiveram ausentes nestas plantas. Portanto, os pulgões são efetivos e autossuficientes polinizadores da flor do cacaueteiro e independem da relação mutualística com as formigas.

Todavia, é possível que a potencialidade polinizadora dos pulgões no cacaueteiro seja amplificada na presença da interação mutualística com as formigas, visto que as formigas promovem a colonização das almofadas florais pelos pulgões, além de proporcionarem, em algum grau, a proteção às colônias dos afídeos.

A população inicial de pulgões nas plantas desprotegidas era nula, contudo, os exames dos bilros, os vestígios nos pedúnculos e exúvias confirmaram que a maioria das polinizações e bilros foi gerada por populações de pulgões adquiridas espontaneamente. Esta constatação assegura que as populações dos mosquitos *Forcipomyia* spp. no cacaueteiro eram baixas.

Em relação às plantas desprotegidas, nas plantas confinadas, o incremento de polinização foi gerado pela população adicionada e pelo incremento populacional gerado pelos seus descendentes. Nas plantas desprotegidas a infestação inicial era nula e a população incrementou a partir de infestações naturais.

Entretanto, o incremento populacional dos pulgões pode ter sido menor do que nas plantas protegidas porque os pulgões podem ter sido controlados pelos inimigos naturais. Assim, é correto considerar que infestações artificiais de pulgões em cacaueteiros expostos aos inimigos naturais possam gerar quantidade de bilros mais conservadora e menos notável do que as observadas no experimento.

Estes resultados experimentais asseguram que o pulgão *A. gossypii* possui elevada capacidade polinizadora em cacaueteiro autocompatível, conforme tem sido constatado em várias fazendas das regiões cacauicultoras da Bahia e do Espírito Santo. Também, nossos

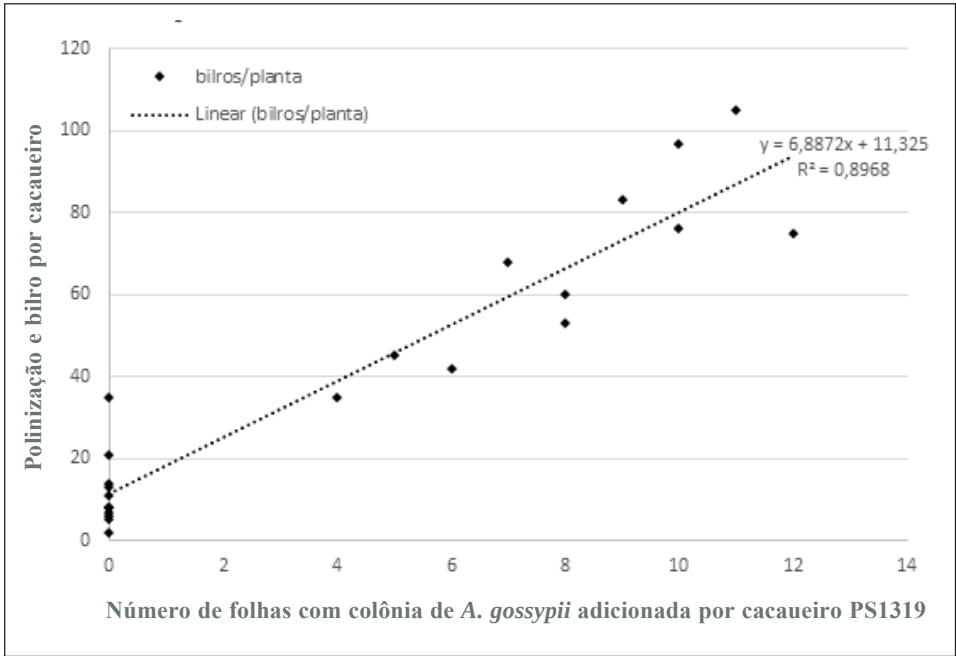


Figura 38 - Polinização e bilração gerada pela infestação artificial de colônias do pulgão *Aphis gossypii* sobre o cacaueteiro autocompatível.

Tabela 2 - O teste comparativo de média Tukey a 5%. Média de bilros/planta

Tukey grupo	Média	N	Sistema de polinização
A	67,2	11	Confinado e adição folha c/colônia de pulgão
B	11,8	11	Exposto e infestação natural e livre

resultados concordam com os resultados de Stahel (1928); Billes (1942); Posnette (1942); Muntzing (1947); Cardona (1953) e Hernandez-B (1965).

Ao longo dos quatro anos de pesquisas, conquanto não tenham sido quantificados, foi constatado que os afídeos mais frequentes nos cacauais foram *A. gossypii* e *A. aurantii*. Eles, primariamente, forrageiam, sugando a seiva em folha juvenil, botão floral, flor e bilro-flor, e, em decorrência da alimentação, podem causar o peco de botões florais e alguma perda devido à sucção da seiva das plantas. Secundariamente, estes pulgões elevam surtos populacionais que geram autopolinizações férteis e frutíferas no cacauero.

Como praga sugadora da folha do cacauero, a ocorrência de grandes colônias de pulgões é tolerável porque eles não reduzem a área foliar, nem a longevidade das folhas e até o presente não há evidências de que transmitam doenças.

Na almofada floral, em surtos longevos e prolongados, os pulgões geram abortos de botões e flores. Estas perdas de flores não asseguram prejuízo certo à produtividade por duas razões. Primeiro, a florescência do cacauero diminui e pode limitar a polinização, somente, nos dois meses finais do inverno, Alvin, 1984. Nos demais dez meses a florescência é abundante, na maioria das regiões produtoras. Segundo, durante estes dez meses, os cacaueros geram florescências que produzem botões florais e flores suficientes para: (i) compensar os abortos e perdas de botões florais, (ii) alimentar e sustentar os aumentos das populações de pulgões e (iii) garantir disponibilidades de flores suficientes para incrementar a frequência de autopolinizações férteis e frutíferas, que geram benefícios econômicos maiores e mais significativos do que os possíveis prejuízos causados pelos pulgões ao florescimento, lançamento foliar e área foliar da copa do cacauero. Por estas razões, visando uma produção de cacau sustentável, conclui-se que os pulgões polinizadores devem ser preservados, promovidos nos cacauais e combatidos somente em circunstâncias fito técnicas muito especiais.

Conclusões

O comportamento alimentar do pulgão é o principal fator promotor da aquisição e transferência do pólen,

respectivamente, da antera para o pulgão e do pulgão para o estigma.

Em períodos poucos chuvosos, a maioria das polinizações realizadas pelos pulgões pode ser identificada através das sintomatologias, caracterizadas por manchas necróticas no pedúnculo do bilro, no bilro e exúvias dos pulgões que permanecem visíveis, por vezes, até quarenta dias após a polinização.

Os danos mecânicos e necróticos gerados pela introdução dos estiletes do aparelho bucal dos pulgões para sucção da seiva elaborada, nos pedúnculos de flores e bilros juvenis, não causam perdas e abortos dos mesmos frutos gerados pela autopolinização.

Há evidências (peco de bilro jovem) de que a efetividade polinizadora dos pulgões seja menor do que a efetividades polinizadoras dos mosquitos *Forcipomyia* spp.

As polinizações realizadas por surtos populacionais de pulgões podem ser identificadas porque a frutificação ou carga frutífera da planta pode ser subdividida em distintas classes de tamanho e/ou idade/planta.

As infestações de pulgões são economicamente benéficas para a produção e os pulgões podem ser infestados artificialmente fixando folhas contendo pulgões, com a face dorsal voltada para o ramo e sobre as almofadas florais ativas.

Há indicativos experimentais de que a frequência de autopolinização fértil e frutífera possa estar sendo limitada por populações de inimigos naturais dos pulgões.

Visando aproveitar os benefícios da autopolinização realizadas pelos pulgões e as moscas *Forcipomyia* sp., as sementes para formação de mudas e cacauais seminais devem ser resultantes de cruzamentos entre genótipos paternos que gerem progênes com alta frequência de plantas autocompatíveis e baixa frequência de plantas auto-incompatíveis.

Agradecimentos

Agradecemos as Senhoras Odete Rocha e Suzan Cunha, professoras da Universidade Federal de São Carlos (COLEAFIS - UFSCar), do Departamento de Ecologia e Biologia Evolutiva – DEBE, pela identificação dos pulgões e vespas parasitoides.

Literatura Citada

- ALVIM, P. T. 1956. Correlação entre chuva, temperatura e produção do cacauero. In: Reunião do Comitê Técnico Interamericano de Cacau, 6ª. Instituto de Cacau da Bahia, Salvador, Bahia. pp.133-136.
- ALVIM, P. T. 1984. Flowering of cocoa. Cocoa Growers' Bulletin 25:23-31.
- BESEMER, H. A.; SORIA, S. de J. 1978. Criação de mosquinhos *Forcipomyia* spp. (Díptera, Ceratopogonidae) em laboratório: 1- Alimentação de adultos e larvas e ensaios de cópula; uma revisão do método Saunders de criação (em inglês). Revista Theobroma (Brasil) 8:43-59.
- BILLES, D. J. 1942. Pollination of *Theobroma cacao* L. in Trinidad, B.W.I. Tropical Agriculture (Trinidad) 18(8):151-156.
- CARACCILO, H. A. 1910. The pollination of the cacao flower. Agricultural Society of Trinidad and Tobago Paper n°. 439. 2p.
- CARDONA, E. 1953. Influencia de siete inseticidas en la polinización y la fructification del cacao, y breve estudio de los insectos polinizadores. Cacao em Colombia 2:41-61.
- CARVALHO, L. M. de; BUENO, V. H. P.; MARTINEZ, R. P. 2002. Levantamento de afídeos alados em plantas hortícolas em Lavras-MG. Ciência e Agrotecnologia 26(3):523-532.
- CIVIDANES, F. J. 2002. Impacto de inimigos naturais e de fatores meteorológicos sobre uma população de *Brevicoryne brassicae* (L.) (Hemíptera: Aphididae) em Couve. Neotropical Entomology 31(2):249-255.
- COPE, F. W. 1940. Agents of pollination in cacao. In: Annual Report on Cacao Research, 9. 1939. I.C.T.A. Trinidad. pp.13-19.
- COPE, F. W. 1962. The mechanism of pollen incompatibility in *Theobroma cacao* L. Heredity 17:157-132.
- CUNHA, S. B. Z. 2017. Afídeos e suas interações biológicas em áreas de vegetação natural e agrícolas: exemplo de sucesso nas invasões biológicas. Tese de Doutorado. São Carlos, SP. UFSCar - C.C.B.S. 140p.
- DEJEAN, M. 1949. Some observations of the flowering habits of cacao. M. A. Thesis. Inter-American Institute of Agricultural Sciences. Turrialba, Costa Rica. 43p.
- EBERT, T. A.; CARTWRIGHT, B. 1997. Biology and Ecology of *Aphis gossypii* Glover (Homoptera: Aphididae). Oklahoma State University. Southwestern Entomologist 22(1):116-153.
- FABRÍCIO, T. M. 2003. Diversidade, variação sazonal e importância econômica dos afídeos (Homóptera: Aphidoidea) na Estação Ecológica de Jataí (Luiz Antônio-SP) e nas áreas agrícolas e de silvicultura de entorno. Dissertação Mestrado. São Carlos, SP. UFSCar, C.C.B.S. 106p.
- GUIMARÃES, J. A., MOURA, A. P., OLIVEIRA, V. R. 2013. Biologia e manejo do pulgão *Aphis gossypii* em meloeiro. Comunicado Técnico 93. Embrapa Hortaliças, Brasília, DF. 7p.
- HARLAND, S. C. 1925. Studies in cacao. I. The method of pollination. Annals applied Biology 12:403-409.
- HERNANDEZ-B, J. 1965. Insect pollination of cacao (*Theobroma cacao* L.) in Costa Rica. Thesis of PhD at Entomology. Madison. USA. University of Wisconsin. 167p.
- HUBAIDE, J. E. A. E. 2010. Distribuição na planta, fatores climáticos e parasitismo na dinâmica populacional dos pulgões (Hemíptera: Aphididae) em couve. Dissertação Mestrado. Uberlândia. MG. UF de Uberlândia. 52p.
- JONES, G. A. 1912. The structure and pollination of cacao flower. West Indian Bulletin 2:347-350.
- LEITE, G. L. D. et al. 2002. Fatores que influenciam populações de artrópodes em abóbora. Horticultura Brasileira (Suple. 2) 20(2):1-5.
- LEITE, M. V. et al. 2008. Biologia de *Aphis gossypii* Glover, 1877 (Hemíptera: Aphididae) em abobrinha cultivar caserta (*Cucurbita pepo* L.) em diferentes temperaturas. Ciência e Agro tecnologia 32(5):1394-1401.
- LOPES, U. V. et al. 2003. On farm selection for witches' broom resistance in Bahia, Brazil – a historical retrospective. In: International Cocoa Research Conference, 14th. Proceedings. COPAL, Accra. pp.1001-1006.
- LOUSADA-SINIESTRAS, B. 1953. Insectos polinizadores del cacao em el valle del Cauca. Revista Nacional de Agricultura (Colombia) 47:41-43.
- MOREAU, A. M. S.; SANTOS, J. C. K.; COSTA, L. M.; GOMES, F. H. 2006. Caracterização de solos de duas toposequências em Tabuleiros Costeiros do sul da Bahia. Revista Brasileira de Ciência do Solo 30:1007-1019.
- MUNTZING, A. 1947. Some observations on pollination and fruit setting in ecuadorian cacao. Hereditas 33:397-404.
- POSNETTE, A. F. 1942. Natural pollination of cocoa, *Theobroma leiocarpa*, on the Gold Costa. Tropical Agriculture (Trinidad) 19:12-16.

- POUND, F. J. 1932. Studies on Fruitfulness in Cacao, II. Evidence for partial sterility. In: Annual Report on Cacao Research, 1. 1931. I.C.T.A. Trinidad. pp. 26-28.
- POUND, F. J. 1933. Studies of fruitfulness in cacao. III. Factors affecting fruit setting. In: Annual Report on Cacao Research, 2. 1932. I.C.T.A. Trinidad. pp. 29-36.
- POUND, F. J. 1935. Studies of fruitfulness in cacao. V. Conditional self-compatibility and its implications. In: Annual Report on Cacao Research, 4. 1934. I.C.T.A. Trinidad. pp. 17-19.
- SILVA, E. N.; PERFECTO, I. 2013. Coexistence of Aphid Predators in Cacao Plants: Does Ant-aphid Mutualism Play a Role? *Sociobiology* 60(3):259-265.
- SOGLIA, M. C. M.; V. H. P. BUENO; M. V. SAMPAIO. 2002. Desenvolvimento e sobrevivência de *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae) em diferentes temperaturas e cultivares comerciais de crisântemo. *Neotropical Entomology* 31:211-216.
- SORIA, S. J. 1967. Bionomics and behavior of *Forcipomyia midges* (Ceratopogonidae) relative to the pollination of *Theobroma cacao* L. in Costa Rica. Master of Science-Entomology. University of Wisconsin. Madison. 45p.
- SORIA, S. de J. 1972. Locais de coleta e distribuição de *Forcipomyia* (Diptera, Ceratopogonidae) relacionadas com a floração e frutificação do cacaueiro na Bahia, Brasil. *Revista Theobroma (Brasil)* 3(2):41-49.
- SORIA, S. de J. 1975. O papel das abelhas sem ferrão (Meliponinae) na polinização do cacaueiro na América Tropical (Monografia). *Revista Theobroma (Brasil)* 5(1):12-20.
- SORIA, S. de J. 1976. Tabelas etárias dos polinizadores do cacaueiro *Forcipomyia* spp. (Diptera, Ceratopogonidae) em condições de laboratório. *Revista Theobroma (Brasil)* 6:5-13.
- SORIA, S. de J. 1977a. Population dynamics of *Forcipomyia* spp. (Diptera, Ceratopogonidae) in Bahia, Brasil. 2 – Biotic variables related to natural cacao pollination (in Portuguese). *Revista Theobroma (Brasil)* 7:19-33.
- SORIA, S. de J. 1977b. Dinâmica populacional de *Forcipomyia* spp. (Diptera, Ceratopogonidae) na Bahia, Brasil. 3 – Variáveis climáticas relacionadas com a polinização do cacaueiro. *Revista Theobroma (Brasil)* 7:69-84.
- SORIA, S. de J. 1978. Criação de mosquinhas *Forcipomyia* spp. (Diptera: Ceratopogonidae) em laboratório: 2. Determinação dos potenciais Biótico e reprodutivo, ensaios preliminares. *Revista Theobroma (Brasil)* 8:61-71.
- SORIA, S. de J.; Bystrak, P. G. 1975. A new species of *Forcipomyia* (Dipteral, Ceratopogonidae) described in all stages, with an account of its role as a cacao pollinator. *Revista Theobroma (Brasil)* 5(2):3-11.
- SORIA, S. de J.; Wirth, W. W. 1974. Identidade e caracterização taxonômica preliminar das mosquinhas *Forcipomyia* (Diptera, Ceratopogonidae), associadas com a polinização do cacaueiro na Bahia. *Revista Theobroma (Brasil)* 4(1):3-12.
- STAHEL, G. 1928. Beitrage zur kenntnis der blutenbiologie von kakao, (*Theobroma cacao* L). *Verh. Akad. Wet. Amsterdam* 25:1-12.
- SUJII, E. R., BESERRA, V. A., RIBEIRO, P. H. 2005. Avaliação do controle biológico do pulgão, *Aphis gossypii* Glover (Homóptera: Aphididae) e do curuquerê, *Alabama argilacea* Hübner (Lepidóptera: Noctuidae) na cultura do algodoeiro no Distrito Federal. *Boletim de pesquisa e desenvolvimento* N. 113. Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília, DF. pp.1676-1340.
- VELLO, F. 1968. Fatores relacionados com a polinização, fertilização e produção do cacaueiro na Bahia. *Relatório Anual do Cepec. Ceplac, Ilheus, Bahia*. 21p.
- VENDRAMIM, J. D. 1980. Aspectos biológicos e avaliação de danos de *Aphis gossypii* Glover, 1877 (Homóptera – Aphididae) em algodoeiro. *Dissertação Mestrado. ESALQ-USP, Piracicaba, SP*. 121p.
- VOGEL, M.; MACHADO, R. C. R.; ALVIM, P. R. 1982. Remoção dos órgãos jovens como método de avaliação das interações fisiológicas no crescimento, floração e frutificação do cacaueiro. In: *Conferência Internacional de Pesquisa em Cacao*, 8. Cartagena, Colômbia. *Actes. Lagos, Nigeria, Cocoa producer's Alliance*. pp. 215-222.
- WIEST, R. 2019. Crescimento populacional de *Rhopalosiphum padi* (Linnaeus, 1758) (Hemiptera: Aphididae) em trigo: uma aproximação por simulação. 2019. Tese Doutorado. Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, RS. 122p.
- WRIGHT, H. 1907. *Theobroma cacao* or Cocoa: its Botany, Cultivation, Chemistry and Diseases. Messrs A.M. and J. Ferguson, Colombo. 249p.

PRODUÇÃO DE CACAU E A VASSOURA-DE-BRUXA NA BAHIA

Lindolfo P. dos S. Filho¹, José Luis Pires¹, Miguel Antonio M. Ruiz¹, Raúl René Valle¹, João Manuel Afonso¹, Paulo C. Lima Marrocos¹, Evandro S. Freire²

¹CEPLAC/CEPEC, km 22 Rod. Ilhéus - Itabuna, Caixa Postal 07, 45600-970, Itabuna, Bahia, Brasil.

²UESC, Rod. Ilhéus - Itabuna, Bahia, Brasil.

Este artigo analisa a série 1978/79–2006/07 da produção de cacau da Bahia, com base no potencial de produção dos cacauzeiros (medido pela produção de frutos jovens até 3 cm) sob a influência do ambiente (enfermidade vassoura-de-bruxa, manejo e clima). Tem como hipótese que a enfermidade vassoura-de-bruxa não explica a tendência declinante do potencial de produção dos cacauais ao longo do período 1978/79-1995/96. A estimativa dos parâmetros das retas ajustadas dos períodos 1978/79-1992/93 e 1978/79-1995/96, antes e depois do início da perda de frutos por vassoura-de-bruxa, fez-se por meio de procedimentos da análise de regressão. As hipóteses de diferença entre as inclinações ($p=0,7840$) e entre os interceptos das curvas ($p = 0,8734$) são negadas. Portanto, confirma-se a redução do número de frutos jovens por planta no período 1978/79-1995/96, período este que responde pela queda da produção de cacau da Bahia. Também não se sustenta à hipótese de que o efeito da enfermidade vassoura-de-bruxa alterou significativamente, nesse período, a tendência declinante do potencial de produção dos cacauais. Além disso, em relação ao efeito do ambiente, observa-se que as estreitas relações entre frutos jovens e preço real do produto, crédito e área adubada, temperatura do ar, precipitação pluvial e a enfermidade podridão parda ajudam a explicar o efeito negativo da ausência do manejo no potencial de produção dos cacauais.

Palavras-chave: *Theobroma cacao*, produção, *Moniliophthora perniciosa*

Cocoa production and witches' broom in Bahia, Brazil. This article analyzes the 1978/79-2006/07 series of cocoa production in Bahia based on the production potential of cocoa trees (measured by cherelles production) under the influence of the environment (witches' broom disease, management and climate). It has as hypothesis that witches' broom does not explain the declining tendency of the production potential of plantations along the period 1978/79-1995/96. Parameters estimates of the adjusted curves for the periods 1978/79-1992/93 and 1978/79-1995/96, before and after the beginning of pod losses due to witches' broom, was done through procedures of regression analyses. The hypotheses of differences among the slopes ($p=0.7840$) and intercepts of the curves ($p = 0.8734$) were denied. Therefore, the reduction of cherelles number per plant is confirmed in the period 1978/79-1995/96, period that responds for the fall of cocoa production in Bahia. Also it is not sustained the hypothesis that the witches' broom effect significantly altered, in that period, the declining tendency of the production potential of cocoa plantations. Furthermore, in regard to the environment effect, it is observed that the close relationships among cherelle production and actual price of the product, credit and fertilized area, air temperature, rainfall and pod-rot disease help to explain the negative effect of the absence of management of the potential production of the plantation.

Key words: *Theobroma cacao*, production, *Moniliophthora perniciosa*

Introdução

Ao final da década de 1950 a lavoura cacauífera da Bahia deparava-se com uma forte crise estrutural, encadeada por limitações da tecnologia disponível, assistência técnica, infra-estrutura e política de crédito, crise esta que se transcrevia na estagnação da produção, que atingiu 88 mil toneladas no ano agrícola 1962/63.

A partir da safra de cacau 1963/64 se inicia a modernização da lavoura, processo este caracterizado pela expansão da área, abundância de crédito rural subsidiado e melhorias nos serviços comerciais, assistência técnica, pesquisa agrônômica, fomento e infra-estrutura física. Assim, em 1986/87 a produção alcança 397 mil toneladas.

Entretanto, na década de 80 é observado um novo processo de estagnação da cacauicultura baiana, atribuído a baixos preços do produto, elevação dos custos de produção e excessiva tributação. Contribuíram também para esse processo o enfraquecimento das empresas nacionais de exportação e industrialização de cacau e a elevada ociosidade do parque de processamento com perda de mercados, assim como, a falência do cooperativismo, entre outras variáveis, induzindo ao abandono de práticas agrícolas e demissão de trabalhadores (Castro Neto et al., 1987; Cazorla, 1991 e 1992; Menezes e Carmo-Neto, 1993).

Em 1989, manifesta-se um novo desafio interposto pelo surgimento de uma das mais prejudiciais enfermidades do cacauífera, a vassoura-de-bruxa (Pereira et al. 1989), cujo agente causal é o fungo *Moniliophthora perniciosa* (ex *Crinipellis*) (Aime e Phillips-Mora, 2005). A partir deste momento tornou-se usual a afirmação de que com a introdução da vassoura de bruxa, a produção regional teria passado de 397 mil toneladas para 96 mil toneladas.

Assim, buscando compreender a importância proporcional das principais variáveis atuantes neste ciclo da produção de cacau da Bahia, este artigo analisa a produção na série 1978/79-2006/07, baseando-se no potencial produtivo dos cacauíferos (medido pelos frutos jovens até 3 cm) sob a influência do ambiente.

Material e Métodos

Aplicou-se na organização deste estudo o enfoque de um sistema simples de produção vegetal onde os elementos planta, enfermidade, solo, manejo e clima interagem dinamicamente (Giaveno, 2007). Foram utilizados para medir o potencial de produção dos cacauíferos os frutos bilros por planta (frutos jovens de até 3 cm). Este uso deveu-se a estreita relação existente entre frutos bilros e produção de cacau seco comercializada (Santos Filho et al., 1998).

Os dados de frutos nas safras da série 1978/79–2006/2007 foram obtidos do projeto Previsão de Safra de Cacau da Bahia, do Centro de Pesquisas do Cacau da Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (CEPEC/CEPLAC). A amostragem nesse projeto consiste da contagem de frutos em cinco estágios de maturação, feita de 21 em 21 dias durante o ano agrícola (de outubro do ano presente a setembro do ano seguinte), totalizando 17 amostragens/anos por parcela de cinco plantas, previamente marcadas em 139 unidades produtivas (fazendas), distribuídas por toda a região cacauífera da Bahia (Cazorla et al., 1989). A contagem dos frutos bilros sadios e frutos infectados, bilros inclusive, é excludente em cada amostragem, isto é, os frutos bilros e os frutos infectados em cada coleta são os ocorridos no espaço de 21 dias entre as coletas.

Os dados por safra da produção comercializada de cacau na Bahia foram obtidos da Comissão do Comércio de Cacau da Bahia (ACB/COMCAUBA, 2007).

A tecnologia aqui se representa pelos equipamentos ou processos utilizados, enquanto que o manejo, pela execução de práticas agrícolas. A adubação simula a qualidade dessas práticas no cultivo do cacau na região Sul da Bahia.

Para o cálculo das proporções de frutos por planta entre safras, que dimensiona a variação do nível de infecção de uma safra para a outra, utilizou-se a razão: $r = \Delta_s / F_{s-1}$ onde: Δ_s é a diferença entre as safras F_s e F_{s-1} , que representam frutos por planta da safra s e $s-1$, respectivamente.

A análise exploratória utilizada busca identificar padrões estatísticos do comportamento médio mensal dos frutos bilros, da temperatura do ar e precipitação pluvial nas safras agrícolas antes e depois da vassoura-de-bruxa. Adotou-se o modelo de regressão linear simples como técnica de diagnóstico e a medida DFFITS (Dachs e Carvalho, 1984) como medida do efeito da retirada do i -ésimo ponto do ajuste. Os dados mensais dos elementos climáticos no período 1966/67-2006/07 foram obtidos da estação agrometeorológica do CEPEC – Ilhéus-Bahia.

Com o uso da planilha de cálculo Excel 2003 emprega-se a técnica gráfica contrastando barras e linhas. Valeu-se da série de Índice Geral de Preços – IGP, da Fundação Getúlio Vargas, base agosto de 2005 = 100, para ajustar a série histórica de preços. Para comparar a estabilidade de preços entre períodos utilizou-se o coeficiente de variação.

Na comparação dos interceptos e inclinações das retas ajustadas nos períodos sem e com o efeito direto da enfermidade vassoura-de-bruxa nos frutos, 5% de significância, utilizaram-se os procedimentos da análise de regressão PROC REG da linguagem do SAS, com a opção INTERCEPT E SLOPE (Freire e Santos Filho, 1989). Para medir as relações entre as variáveis agro-econômicas: número de frutos infectados, produção de cacau na Bahia, frutos bilros por planta, percentual de área adubada, preço

interno e crédito utilizou-se o coeficiente de correlação de Pearson (r), com a hipótese de que a verdadeira correlação da população é zero ($H_0: \rho=0$). O valor da probabilidade de significância ou valor p foi colocado entre parênteses. Nos dois testes empregou-se o pacote Statistical Analysis System (SAS, 1987).

Resultados e Discussão

Tornou-se usual a afirmação de que com a introdução da vassoura de bruxa a produção regional teria passado de 397 mil toneladas para 96 mil toneladas. No entanto, se observa, utilizando-se da análise da trajetória da série de produção de frutos bilros por plantas, que tal entendimento contradiz os fatos e relega a importância de outras variáveis até mais determinantes na queda de produção mostrado pela série.

(a) Aspectos estáticos da produção dos frutos bilros na série 1978/79-2006/07

A análise exploratória do comportamento dos frutos bilros por safra (F_s), na série 1978/79-2006/07 mostra que da safra 1978/79 até a safra 1992/93 e a partir da safra 1996/97 o potencial de produção da planta tem como principal particularidade a alternância de sucessivas subidas e descidas num período máximo de até duas safras consecutivas. A exceção ficou para as safras 1993/94, 1994/95 e 1995/96 (Figura 1).

Esse mesmo tipo de análise, com o uso do diagrama de dispersão e da regressão linear simples, indica que a série em estudo pode ser dividida em dois períodos. O primeiro

com tendência linear negativa se inicia na safra 1978/79 e vai até a safra 1995/96 ($F_s = 189.6 - 6.99 * \text{Safra}$, $s = 1, 2, \dots, 18$; $p = 0,0001$; e $R^2 = 0,75$) e o segundo, com inclinação ($\hat{\alpha}_1$) não significativa ($\hat{\alpha}_1 = 0,0568$, $p = 0,927$, $R^2 = 0,0010$), vai da safra 1996/97 a safra 2006/07 (Figura 1).

Utilizando-se da análise dos resíduos observa-se que no primeiro período (1978/79-1995/96) os pontos estão normalmente distribuídos, pois o p -valor associado ao teste Shapiro Wilk de normalidade dos resíduos é de 0,7750, podendo ser admitida a suposição de variância constante da distribuição dos resíduos.

Em relação aos pontos influentes nota-se que o ponto 1987/88, mesmo com a queda de safra de 45,7%, aparece pouco importante no ajuste, no entanto a tendência decrescente da produção da planta fica mais evidente ($R^2 = 0,85$) com a retirada do ponto 1986/87 de maior influência (DFFITS = 0,6432), mas não suficientemente afastado para um ponto discrepante.

Na realidade, entende-se que tanto os fatores que influenciaram o crescimento de 22,5% da produção de frutos da safra 1986/87 como os que determinaram a queda da produção da safra 1987/88 levam a consolidar a tendência decrescente do período 1978/79-1995/96 já observada a partir da queda de 33,7% (DFFITS = -0,6483) da produção de frutos da safra 1981/82.

Com a queda da produção da safra 1987/88 configuram-se na série três níveis de frutificação coincidentes com os períodos 1978/79-1986/87 (A), 1987/88-1995/96 (B) e 1996/97-2006/07 (C). Estes níveis apresentam um padrão estatístico bem definido: a menor produção registrada no

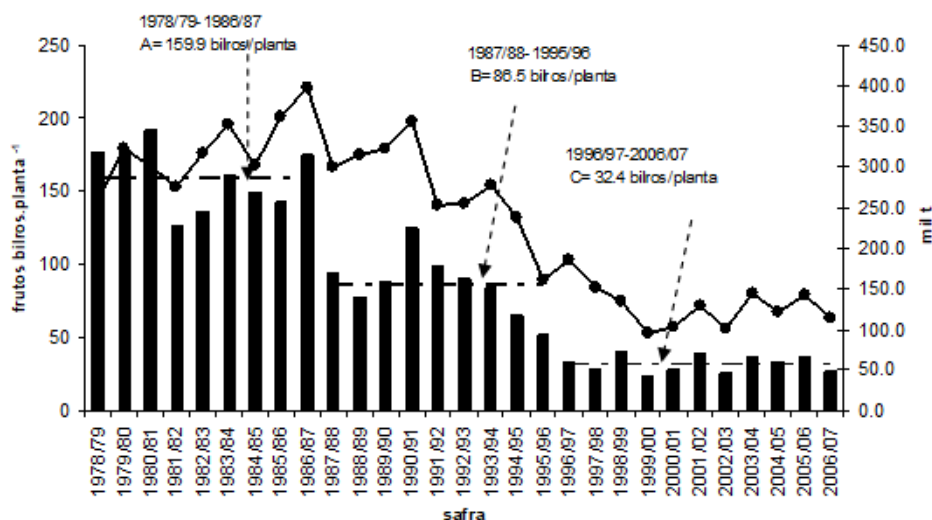


Figura 1. Produção de cacau em toneladas (linha cheia) e potencial médio por planta de produção dos cacauais (barra) por safra de cacau na Bahia. Período 1978/79 a 2006/07.

patamar antecedente é maior que a maior do patamar subsequente, isto é, a máxima produção de safra registrada no patamar C é menor do que a mínima do patamar B, o mesmo acontecendo entre os patamares B e A.

Em valores médios do patamar A (160 frutos bilros.planta⁻¹) para o B (86 frutos bilros.planta⁻¹) a quantidade de frutos bilros por planta caiu 45,9%. Do B para o C a queda totalizou 62,5%, e no conjunto o decréscimo ficou em 79,7% (Figura 1).

(b) Tendência da série de frutos bilros

Fica clara, a partir desses resultados, a característica decrescente da série. No entanto, torna-se necessário identificar e analisar os elementos determinantes ou apenas influentes dessa trajetória de queda de produção de frutos bilros. Em especial, do efeito da produção das safras 1993/94, 1994/95 e 1995/96 neste processo, pois como dito anteriormente, o comportamento da série até a safra 1992/93 e a partir da safra 1996/97 responde dentro da característica de alternância de sucessivas subidas e descidas de produção num período máximo de até duas safras consecutivas.

Neste intuito, como o comportamento da produção de frutos ocorre na ausência e presença da vassoura-de-bruxa, com conseqüências diretas na trajetória da produção comercializada, antes de se medir o efeito matemático da enfermidade na trajetória da produção dos frutos acrescentar-se-á, a seguir, algumas informações relevantes e em separado sobre essa produção e a vassoura-de-bruxa.

(b.1) Produção comercializada

(i) Confirmação do alto grau de correlação entre frutos bilros e produção de cacau comercializada (Santos Filho

et al., 1998). No período 1978/79-2006/07 a relação do número de frutos bilros com a produção regional foi de $r = 0,86$ ($p = 0,0001$). Esse grau de associação aumenta mais ainda ($r = 0,94$; $p = 0,0001$) quando se utiliza o período compreendido entre a safra 1986/87, de pico de produção, e a de 2006/07.

(ii) O início da perda mais expressiva de frutos não acentua a curva de decréscimo de produção. Isto porque, a partir da safra 1993/94 (dispersão da enfermidade vassoura-de-bruxa) a produção de cacau seco diminui o seu ritmo de queda (ponto de inflexão) e quando o número de frutos infectados pela enfermidade atinge o seu pico máximo, a curva de produção comercializada reverte essa tendência de queda (Figura 2).

(iii) Expansão da enfermidade e produção. Durante o período 1991/92-2006/07 o crescimento da enfermidade, mensurado através do número de frutos infectados, mostrou-se estreita e inversamente relacionada ($r = -0,7738$, $p = 0,0004$) com a trajetória da produção de cacau na Bahia (Figura 2).

(b.2) Vassoura-de-bruxa

(i) Características dos patamares. O período 1978/79 - 1986/87 (patamar A) se caracteriza por anteceder a incidência da vassoura-de-bruxa; o patamar B (1987/88 - 1995/96) se diferencia do primeiro pela entrada e dispersão da enfermidade na região cacauceira; e o terceiro de 1996/97 - 2006/07, patamar C, por ter sido o período em que a enfermidade se estabelece em toda a área plantada de cacau na região (Figura 1).

(ii) Rendimento. A queda de rendimento da planta, assim como da produção de cacau da Bahia, a partir de 1987/88

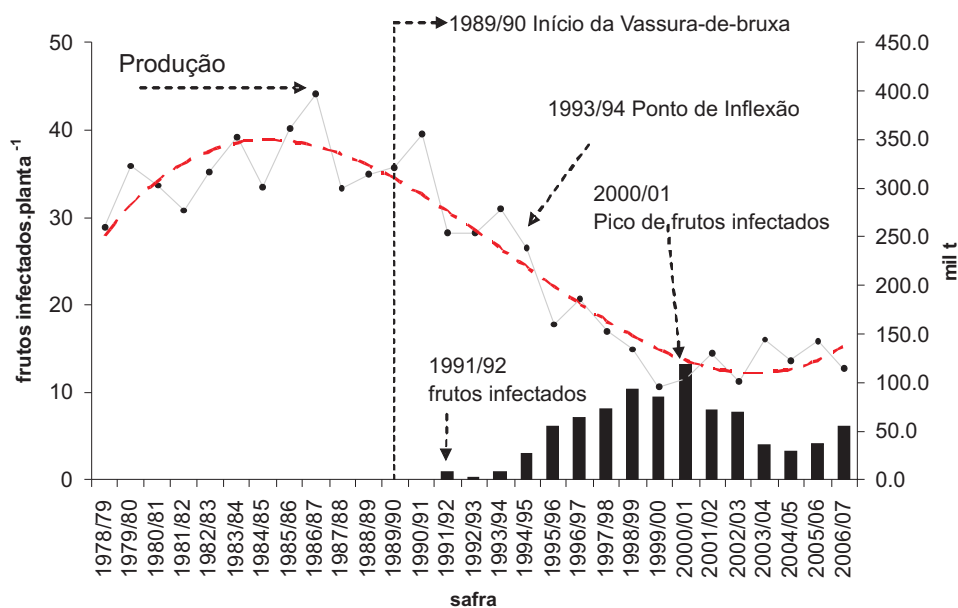


Figura 2. Produção do Cacau Bahia (linha cheia), ajustamento polinomial (linha tracejada) e número de frutos infectados por planta (barra) pela vassoura-de-bruxa no período janeiro-dezembro, nas safras 1978/79-2006/07.

define a passagem do primeiro patamar para o segundo e não reflete o efeito da vassoura-de-bruxa. Cazorla (1992) sinaliza esta tendência declinante da produção de cacau e, Santos Filho, Freire e Cazorla (1998) não destacam a vassoura-de-bruxa como causa principal da tendência de queda da produção de cacau na Bahia;

(iii) Quedas de produção. O fator preponderante para a queda de produção das safras 1991/92 e 1992/93 não pode ser imputada à vassoura-de-bruxa, pois não se registra infecção expressiva de frutos (o percentual de frutos infectados em relação ao total de frutos bilros atingiu 0,97% na safra 1991/92 e 0,41% na safra 1992/93). Conforme Buggenhout (1994) em 1992 apenas 1% das árvores amostradas estavam infestadas. Além do mais, a enfermidade predominava nas copas das árvores de algumas poucas unidades produtivas dos municípios de Camacan e Uruçuca (Relatórios das equipes de monitoramento da VB em Camacan e Uruçuca, 1990-1995);

(iv) Níveis de infecção. As maiores variações do nível de infecção dos frutos bilros de uma safra para a outra se registram entre as safras 1992/93 e 1993/94, 1993/94 e 1994/95, 1994/95 e 1995/96, respectivamente 168%, 205% e 103% (Figura 3). Tal processo ocorre na transição do patamar B para o C, sem alteração da tendência da curva de queda do potencial de produção de frutos (o que será confirmado a seguir).

(v) Característica da produção. A partir de 1996/97 se restabelece a característica de ocorrer até duas quedas de safras consecutivas e se inicia o patamar C da produção de frutos com 32,4 frutos bilros planta⁻¹ (Figura 1). As

safras 1993/94, 1994/95 e 1995/96 distinguem-se como a essência da expansão da enfermidade em frutos, pois apresentam além da particularidade de registrar as maiores proporções da variação do nível de infecção de uma safra para a outra (Figura 3), a propriedade de alterar a característica principal dos frutos bilros de registrarem até duas quedas consecutivas de produção.

Conseqüentemente, após essas considerações permite-se, a seguir, medir e comparar o efeito matemático da queda de potencial de produção de frutos nos períodos sem infecção (1978/79 -1992/93) e o com infecção pela VB (1978/79-1995/96).

No período sem o efeito direto da enfermidade nos frutos, ajustou-se a equação $Y1 = 187,2 - 6,06 * \text{Saфра}$, que traduz uma queda por safra de seis frutos bilros planta⁻¹ (Figura 4). Separaram-se três níveis médios de produção: A' de 1978/79-1980/81; A'' de 1981/82-1986/87 e B' que se estende de 1987/88 a 1992/93. Em média o rendimento da planta, sem a vassoura-de-bruxa, cai acentuadamente a partir das safras 1981/82 e 1987/88. Do nível A'' (149 frutos bilros planta⁻¹) para o B' (96 frutos bilros planta⁻¹) a queda foi de 35,4%.

O período 1978/79-1995/96 (Figura 5), que inclui o efeito direto da enfermidade vassoura-de-bruxa nos frutos, constata-se a tendência de queda por safra de 7,0 frutos bilros planta⁻¹ ($Y2 = 189,6 - 6,99 * \text{Saфра}$). Do nível A'' (149 frutos bilros planta⁻¹) para o B (86 frutos bilros planta⁻¹) a diminuição no rendimento da planta foi de 41,8%, um pouco acima dos 35,4% entre os níveis A'' e B'. Observa-se que a diminuição no rendimento da planta de



Figura 3. Proporção de frutos bilros entre safras (barra vazia) e em frutos infectados entre safras (barra cheia) nas safras de cacau da Bahia. Período 1991/92 a 2006/07.

B'(sem vassoura-de-bruxa) para B (com vassoura-de-bruxa) foi de 10%. Esta queda pode ser considerada um efeito direto da enfermidade vassoura-de-bruxa, se os demais efeitos permanecerem constantes.

Entretanto, na comparação das equações de regressão ajustadas, Y_1 e Y_2 , as hipóteses de diferenças entre as inclinações (com probabilidade de significância $p=0,784$) e de diferença entre os interceptos das curvas ($p=0,8734$) são negadas.

Portanto, confirma-se a redução do número de frutos bilros por planta no período 1978/79-1995/96, período este que responde pela queda da produção de cacau da Bahia, contudo, não se sustenta à hipótese de que o efeito da vassoura-de-bruxa tenha alterado significativamente a tendência declinante do potencial de produção dos cacauais no período 1978/79-1992/93 (Figura 5).

Note-se que o fato do efeito da vassoura-de-bruxa nas safras 1993/94, 1994/95 e 1995/96 não alterar significativamente a tendência de declínio da curva não constitui ausência do efeito sobre esta tendência. Isto porque na série 1991/92-2006/07 esse resultado é observado claramente através da alta correlação ($r=-0,77$, $p=0,0005$) entre o número de frutos bilros (NFB) e o número de frutos infectados por vassoura (FI), assim como, entre a produção regional comercializada (PC) e a número de frutos infectados por vassoura ($r=-0,77$, $p=0,0004$).

Isto significa que na dinâmica desse sistema de produção, os elementos planta e enfermidades, aliados ao solo, manejo e clima interagem de tal forma que inviabiliza a concepção de que isoladamente um único fator possa ter efeito tão determinante na queda da produção de cacau da Bahia como o que se tem atribuído à vassoura-de-bruxa.

Fatores agro-econômicos

Da área total de solos (91.819,60 km²) da região sudeste da Bahia, a faixa com poucas restrições morfológicas, físico-químicas e mineralógicas para o cultivo do cacau é de 8,11% (7.447,10 km²) (Santana et al., 2002). Isso deixa claro que além da imperativa manutenção do potencial produtivo das classes aptas para o cultivo do cacaueiro como os Argissolos Vermelho-Amarelo Eutrófico câmbico e Eutrófico abrupto, assim como Nitossolo Háplico Eutroférico saprolítico (Chepote et al., 2007), a região cacaueira tem como desafio adotar efetivamente o uso de técnicas para correção nutricional da grande maioria de solos cultivados com esta espécie (92%).

No entanto, na história da região cacaueira da Bahia avalia-se aqui que o emprego dos insumos modernos, como correção e manutenção do potencial produtivo dos solos, não foram em nenhum momento decisivamente assumidos.

Em síntese, até 1965 a unidade produtiva ignorava a eficiência econômica e agrônoma do uso não só de insumos como de tecnologias de um modo geral. No período 1975-1985, quando se dispunha de crédito e preços estimulantes ao aumento da intensidade de uso de tecnologias, estas não foram empregadas. Durante 1985 a 2006, quando o uso era imprescindível, os fatores enfermidade, política agrícola, mercado e preço não eram mais favoráveis, conseqüentemente, a resposta foi a ineficiência da produção do cacau após a safra 1986/87.

Justificando esse nível de eficiência do uso de tecnologia, Diniz e Duarte (1983) destacam a concentração fundiária, o aumento da área plantada e da mão-de-obra como os principais instrumentos para o aumento da produção na década de 1980. As despesas com mão-de-

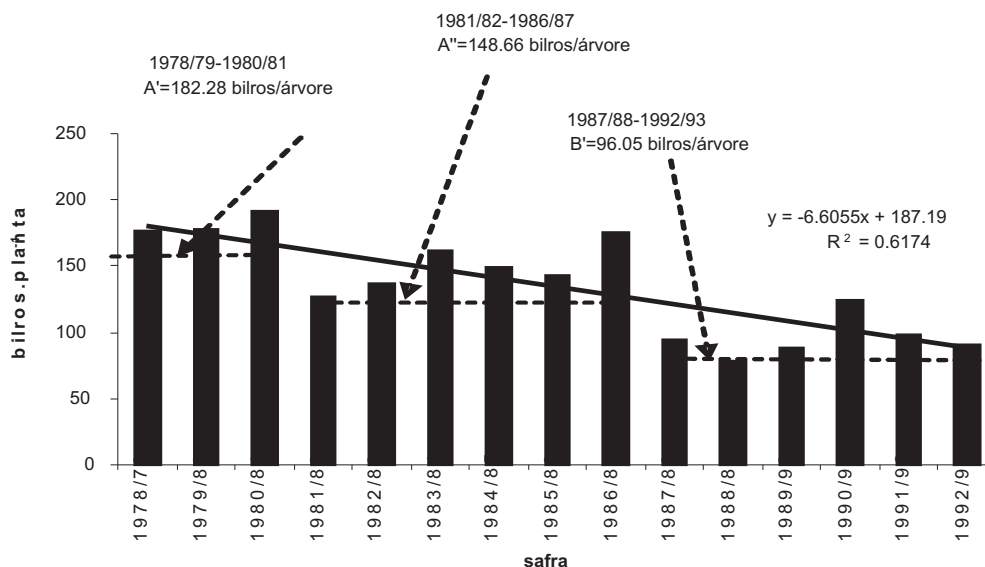


Figura 4. Potencial de produção de cacau na Bahia no período 1978/79-1992/93 sem a presença da vassoura de bruxa nos frutos.

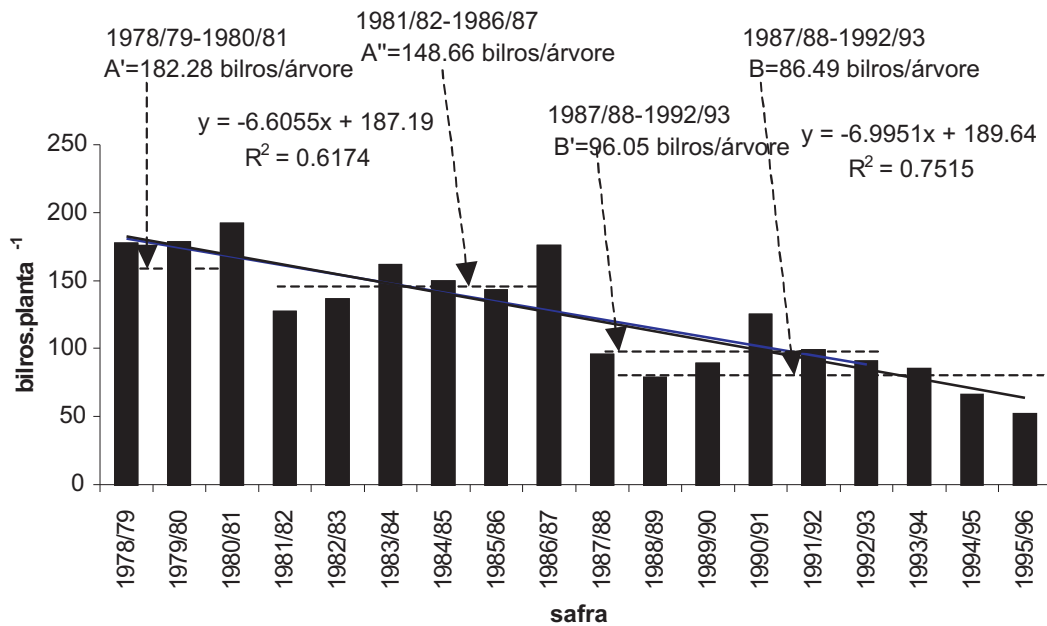


Figura 5. Potencial de produção dos cacauais, por safra do Cacau Bahia, no período 1978/79-1995/96 com a presença da vassoura-de-bruxa nos frutos.

obra tinham prioridades em detrimento do uso dos insumos modernos. Eles enfatizam que a baixa aplicação do conhecimento técnico no cultivo do cacau se associava ao pouco conhecimento gerencial das unidades produtivas, especialmente no planejamento da produção. Observam que quando as condições econômicas eram favoráveis ao uso da tecnologia, os agricultores tinham cautela quanto a relação custo benefício. Para Diniz e Duarte (1983) não foi imediata, e muito menos plena, a aceitação e uso de tecnologias mais avançadas por parte dos produtores. Houve dúvidas quanto à garantia de preço da arroba do cacau que sustentasse a aplicação de insumos modernos.

Santana et al. (2002), nesta mesma linha, mencionam que os estudos básicos de solos na Região Sudeste da Bahia tiveram início em 1963 e as atividades de campo em 1965. Resultados concretos, em nível macro, surgiram em 1975 com a publicação de Solos e Aptidão Agrícola. Chepote et al. (2007) reportam que somente nos anos de 1980 é que o uso de fertilizantes no cultivo do cacau alcançou o máximo de utilização. Ainda nos dias atuais, segundo Midlej e Santos (2007), o agricultor desconhece a eficiência econômica, mas não agrônômica do uso do fertilizante.

Essa dúvida quanto ao custo:benefício se reflete na redução acentuada das práticas agrícolas no período entre 1981 e 2005. O uso da adubação nas áreas safreiras, que relativamente já era baixo, saiu de 29,6% no período 1981-1985, para 25 % em 1985-1989, atingindo 7,9% no período 1993-2005 (CEPLAC/CENEX/NUPRO, 1981-2005) (Figura 6). Esse comportamento ajuda a explicar os pontos

influentes 1981/82 e 1986/87 na tendência decrescente da série 1978/79-2006/07 dos frutos bilros, analisada anteriormente.

Nos anos de 1990, Menezes e Carmo-Neto (1993) enfatizavam que a decadência da cacauicultura na Bahia, medida pela produção comercializada, era visível. Citando Menezes e Alvares-Afonso (1989) esses autores observam que desde a safra 1978/79 a produção apresentava declínios. Alertavam que com o nível da “rentabilidade e o elevado endividamento os produtores não estão utilizando insumos modernos, o que refletirá ainda mais no declínio da produção e produtividade das fazendas”. E ainda, que com o custo operacional de 1989 e 1990, provavelmente “o produtor de cacau apenas consegue pagar os custos variáveis, e o que lhe sobra é para sua manutenção”.

Atualmente, mesmo dispondo-se de conhecimentos agrônômicos mais acurados quando comparados aos das décadas de 1960 e 1970, a região cacauífera apresenta uma produtividade média regional em torno de 244 kg/ha, com rentabilidade desfavorável à atividade cacau (C&P, 2008). Midlej e Santos (2007) estabelecem (em junho/2006) utilizando-se dos custos variáveis (custos dos insumos e da mão-de-obra) e da tecnologia tradicional (roçagem + desbrota + poda + controle de vassoura-de-bruxa + colheita + beneficiamento) que para cada Real investido na atividade o produtor tem um retorno próximo a R\$ 0, 10.

Conseqüentemente, infere-se que a partir de 1990, início da vassoura-de-bruxa na Bahia, as relações entre custos de produção cada vez maiores para implementar as novas

práticas necessárias para a manutenção da competitividade (Midlej e Santos, 2007), entraves para acesso ao crédito agrícola e novos patamares do preço interno do cacau levou as unidades produtivas a enfrentarem dificuldades para se estruturar administrativamente.

A Figura 6 resume essa situação através das relações entre potencial produtivo, área adubada (representando o manejo geral aplicado), crédito e preço. Também ilustra a baixa disponibilidade do crédito a partir de 1989/90, imediatamente após a introdução da enfermidade, o que coincide com a estabilização dos preços em patamar reduzido.

No período 1975-1989, o preço médio da arroba de amêndoa de cacau seco (P) era comercializada a R\$ 175,18 (CV 41,9%) caindo para R\$ 59,50 (CV 31,7%) em 1990-2005, uma queda substancial de 66,7%. Nesse segundo período, de custos de produção cada vez maiores devido, principalmente, a despesas no controle da vassoura-de-bruxa, o preço de cacau tem uma curta recuperação nos anos 2002 e 2003, atingindo em média R\$103,08/arroba. Portanto, conforme Midlej e Santos (2007), somente nesses dois anos é que a relação preço do cacau e preços pagos pelos insumos foi favorável ao agricultor (Figura 6).

Quanto ao crédito (C), apresenta-se de 1978/79 a 1982/83 com média de US\$ 131,1 milhões safra⁻¹, estabilizando-se em um patamar 2,5 vezes menor (média de US\$ 52,7 milhões safra⁻¹) no período 1983/84 a 1988/89. A partir de 1989/90 (início da vassoura-de-bruxa) o crédito é praticamente extinto, sendo reintroduzido em 1995 e, reduzido novamente a partir daí (Figura 6).

Sendo esses elementos (P e C) determinantes na porcentagem de área adubada (AA) ($r=0,89$, $p=0,0001$ para P e AA; $r=0,79$, $p=0,0001$ para C e AA), se aceita por conseguinte que a conjunção dessas forças ajuda a explicar o efeito negativo do manejo no potencial produtivo das plantas na série 1978/79-2006/07.

Elementos meteorológicos

O cacau na Bahia é cultivado em condições de sombreamento, requerendo manejo especial nas épocas em que as variações da temperatura e chuva favoreçam o surgimento de enfermidades fúngicas, alterem a intensidade do lançamento foliar e da floração e/ou inibam o desenvolvimento do fruto do cacau.

Discutindo o decréscimo da produção de cacau no período 1987/88-1992/93, Menezes e Carmo-Neto (1993) apontam as irregularidades climáticas e a enfermidade podridão parda (*Phytophthora* spp.) como os principais fatores causais. Da mesma forma, Almeida (1997) comenta que a estiagem ocorrida no período que corresponde aos sessenta dias imediatamente após a fecundação da flor, pode explicar a queda da safra temporã de 1986/87.

Na série climatológica 1966/67-2006/07, que engloba todos os períodos estudados, a variável temperatura média mensal situou-se na faixa 19,8°C a 26,2°C confirmando a faixa 18°C a 28°C indicada por Muller e Valle (2007) como a de tolerância térmica para o cultivo do cacaueiro. Observa-se, na Figura 7, que a amplitude mensal da temperatura entre períodos não ajudam a explicar o deslocamento da

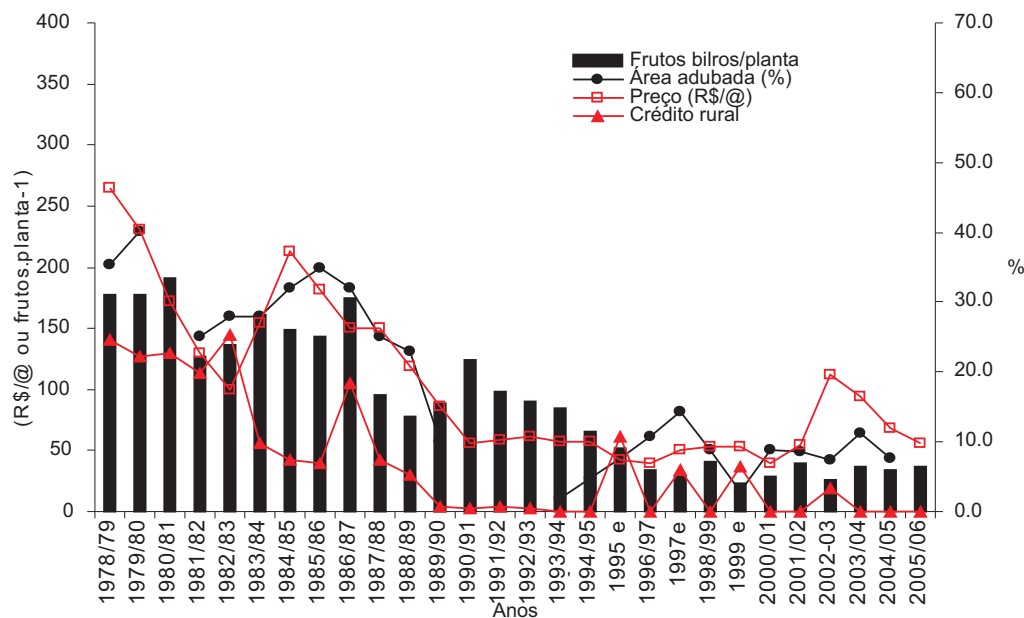


Figura 6. Frutos bilros por planta, preço interno da arroba da amêndoa seca (IGP, da fundação Getúlio Vargas, base agosto de 2005= 100), crédito agrícola (dólares EUA \$1.000.000,00) e percentual anual da área total safreira de cacau adubada. Bahia, 1978/79-2005/06 (CEPLAC, 1981-2005. Relatórios Gestor anual da CEPLAC/CENEX/NUPRO).

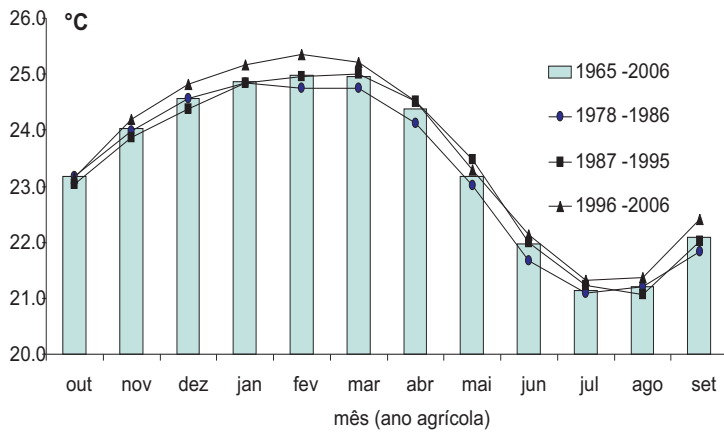


Figura 7. Temperatura do ar por períodos da série climatológica 1966/67-2006/07. Posto agro-meteorológico do CEPEC - Ilhéus, BA.

produção de 160 para 32,4 frutos bilros planta⁻¹. Entretanto, os valores da temperatura nos meses de fevereiro a junho, no primeiro período 1978/79-1986/87, estiveram abaixo dos valores da média histórica. Esse desempenho pode ter favorecido as condições ambientais de ocorrência da podridão parda naquele período.

A Figura 8 mostra as trajetórias da precipitação pluvial nos períodos 1978/79-1986/87, 1987/88-1995/96 e 1996/97-2006/07 e na série climatológica 1966/67-2006/07. Observa-se que a série histórica não apresenta um período seco definido que interfira na produção do cacau.

Considerando como padrão essa série climatológica da precipitação pluvial (Figura 8) e comparando-a com os períodos 1978/79-1986/87, 1987/88-1995/96 e 1996/97-2006/07 observa-se que a trajetória do primeiro período 1978/79-1986/87 foi a menos similar, apresentando-se somente com uma subida de novembro a março e queda de março a agosto. Isoladamente, esse período apresenta a sequência janeiro, fevereiro, março, abril e maio com volumes de chuva acima da média histórica. Esse comportamento da chuva aliado ao da temperatura ajuda a explicar as condições favoráveis da incidência da podridão nesse período.

A trajetória da precipitação do segundo período, 1987/88-1995/96, mostra-se semelhante ao da série climatológica, mas ao contrário do período 1978/79-1986/87 registra nos meses de janeiro, fevereiro, março e abril volumes médios de chuva abaixo das respectivas médias históricas. Essa aparente

diferença entre a trajetória dos dois períodos pode ter tido reflexo no comportamento da podridão parda. A enfermidade, em média, reduziu-se relativamente pela metade no segundo período, isto é, de 26,8% de frutos infectados no período 1978/79-1986/87 caiu para 13,5% no período 1987/88-1995/96 (Figura 9).

Como os processos fisiológicos do cacaueiro são sensíveis a deficiência hídrica (Almeida e Valle, 2007), essa redução absoluta nos volumes médios de chuva do segundo período (Figura 8), com possível aumento do estresse da planta e conseqüente redução dos frutos bilros, seriam suficientes para fortalecer mais ainda o efeito determinante da ausência do manejo adequado no cultivo do cacau, no período estudado.

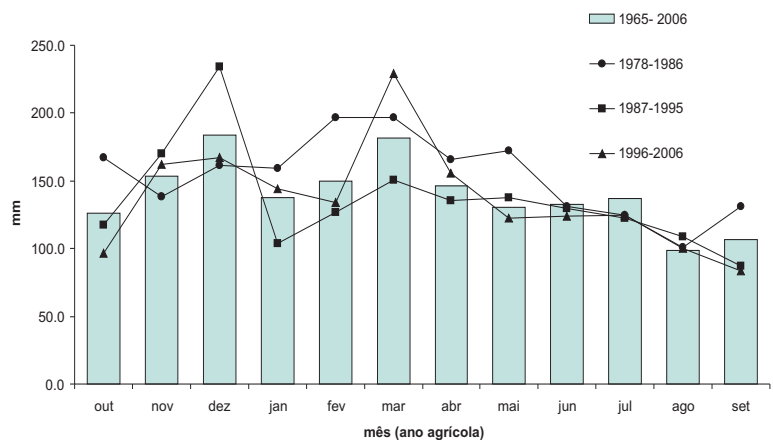


Figura 8. Precipitação pluvial por períodos e mês do ano agrícola da série climatológica 1966/67-2006/07. Posto agro-meteorológico do CEPEC, Ilhéus, BA.

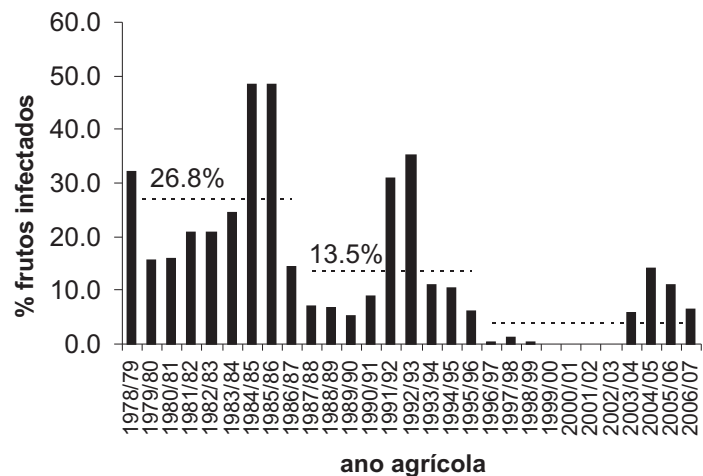


Figura 9. Percentual de frutos infectados pela enfermidade podridão parda no período 1978/79-2006/07.

Conclusão

A vassoura-de-bruxa não alterou a tendência declinante no período 1978/79-1995/96 do potencial de produção dos cacauais da Bahia. O nível de manejo utilizado não sustentou o rendimento satisfatório da planta no período estudado.

Literatura Citada

- AIME, M.C.; PHILLIPS-MORA W. 2005. The causal agents of witches' broom and frosty pod rot of cacao (chocolate, *Theobroma cacao*) form a new lineage of Marasmiaceae. *Mycologia* 97:1012-1022.
- ACB/COMCAUBA. [Boletins de Comercialização de Cacau da Bahia, 1978-2006].
- ALMEIDA, A-A. F. de; VALLE, R. R. 2007. Ecophysiology of the cacao tree. *Brazilian Journal Plant Physiology* 19 (4): 425-448.
- ALMEIDA, H. A. de. 1997. Evapotranspiração, balanço hídrico e modelo de estimativa de produção de cacau (*Theobroma cacao* L.) em função da disponibilidade de água no solo e energia. Tese Doutorado. Botucatu. UNESP/FCA. 170p.
- BUGGENHOUT, F. 1994. Vassoura de bruxa na Bahia. Campinas, Fundação Cargil. Série Técnica nº 193. 13p.
- CAZORLA, I. M., AIDAR, T.; MILDE, L.C.E. 1989. Perfis do lançamento foliar, da floração, da bilração e de estágios do fruto do cacaueiro no estado da Bahia no período 1987/88. Ilhéus, CEPLAC/CEPEC. 58p.
- CAZORLA, I. M. 1992. Balanço da Produção de cacau no Estado da Bahia nos últimos anos. Salvador, BA. *Jornal A Tarde*, 09/01/1992. pp. 6 e 7.
- CAZORLA, I. M. 1992. Cacau: trajetória declinante. Bahia. *Análise & Dados (Brasil)* nº 3: 133-150.
- COMISSÃO EXECUTIVA DA LAVOURA CACAUEIRA. Relatórios Gestor Anual da CEPLAC/CENEX / NUPRO. 1981-2005.
- CHEPOTE, R.E. et al. 2007. Aptidão Agrícola e Fertilidade de solos para a cultura do cacaueiro. In: Valle, R.R. ed. *Ciência, Tecnologia e Manejo do cacaueiro*. Ilhéus, CEPLAC/CEPEC. pp.42-81.
- DINIZ, J. A. F.; DUARTE, A.C. 1983. A região cacaueira da Bahia. Recife, SUDENE – CPR, Série: Brasil. SUDENE. *Estudos Regionais* nº 10. 298p.
- GIAVENO, C. D.; OLIVEIRA, R. F. Estresse Ambiental: conceitos gerais. Piracicaba, SP. ESALQ/USP. Disponível: “[http://www.sbfv.org.br/materialdidatico/download/Estresse Ricardo.pdf](http://www.sbfv.org.br/materialdidatico/download/Estresse%20Ricardo.pdf)”.
- CASTRO-NETO, A. et al. 1987. A CEPLAC e o futuro das regiões cacaueiras do Brasil: Contribuição ao debate. Brasília, CEPLAC. 142p.
- C&P. CONJUNTURA E PLANEJAMENTO. 2008. v.1, n.159. Trimestral, Abril-junho.
- DACHS, J.N.W.; CARVALHO, J. F. de. 1984. Diagnóstico em Regressão. Instituto de comparação de modelos matemáticos lineares. Ilhéus, CEPLAC/CEPEC. 20p.
- FREIRE, E. S.; SANTOS FILHO, L.P. 1989. Procedimento estatístico para comparação de modelos matemáticos lineares. Ilhéus, CEPLAC/CEPEC. 20p.
- MENEZES, J. A. de S.; CARMO NETO, D. 1993. A modernização do *agribusiness* cacau. São Paulo, Fundação Cargill. 233p. Série Técnica Científica nº 185.
- MIDLEJ, R.R.; SANTOS, A.M. dos. 2007. Economia do Cacau. In: Valle, R. R. *Ciência, Tecnologia e Manejo do cacaueiro*. Ilhéus, CEPLAC/CEPEC. 467p.
- MÜLLER, M. W.; VALLE, R. R. 2007. Ecofisiologia do cultivo do cacaueiro. In: Valle, R. R. *Ciência, Tecnologia e Manejo do cacaueiro*. Ilhéus, CEPLAC/CEPEC. 467p.
- PEREIRA, J. L. et al. 1989. Primeira ocorrência de vassoura-de-bruxa na principal região produtora de cacau do Brasil. *Agrotropica (Brasil)* 1 (1): 79-81.
- SANTANA, S. O. de et al. 2002. Solos da Região Sudeste da Bahia - Atualização da Legenda de Acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Rio de Janeiro, Embrapa Solos. *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento* nº 16.
- SANTOS FILHO, L. P. dos, FREIRE, E. S.; CAZORLA, I. M. 1998. Estimativas de produção de cacau causadas por vassoura-de-bruxa (*Crinipellis perniciosus* Stahel) na Bahia. *Agrotropica (Brasil)* 10 (3): 127-130.
- SAS INSTITUTE. 1987. SAS user's guide: statistics. 5. ed. Cary, NC, 956p.

POLÍTICAS PÚBLICAS PARA O “LITORAL SUL BAHIA” ATRAVÉS DO PROGRAMA ROTA DO CACAU DO MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL

Antonio César Costa Zugaib

CEPLAC - Km 22, Rod. Ilhéus/Itabuna, 45600-970, Itabuna - Bahia. UESC - Rod. Ilhéus/Itabuna, Km 16 - Salobrinho, Ilhéus - Bahia; antonio.zugaib@agricultura.gov.br

A região cacaueira da Bahia está dividida em oito territórios. No programa Rota do Cacau do Ministério da Integração foi escolhido para trabalhar políticas públicas o território “Litoral Sul” pela sua maior representatividade em relação a produção de cacau, 40%. Para definição das políticas públicas inicialmente foi realizado um diagnóstico do território Litoral Sul e em seguida foi usada uma metodologia baseada na matriz SWOT (FOFA) onde são definidas as forças, oportunidades, fraquezas e ameaças. Foram definidas 25 políticas públicas para o setor e em seguida escolhidas as 5 prioritárias. Como prioritárias foram escolhidas as seguintes políticas: 1) Insumos e Produção/P&D e aplicação de tecnologia: dar continuidade ao programa de melhoramento genético do cacau visando a obtenção de materiais produtivos e resistentes a pragas e doenças (monilíase) e capacitação de mão de obra para viabilizar a aplicação de tecnologias; 2) Beneficiamento, Agregação de valor e Comercialização/Capital Social e Governança: estruturas de beneficiamento certificadas, pesquisa e desenvolvimento de novos produtos e cosméticos a base de cacau (alimentos, bebidas, cosméticos e medicamentos) para implantação de agroindústria de beneficiamento de cacau e chocolate de base cooperativista, concebida em incubadora social: startup social atendida rede de serviços tecnológicos; 3) Novos produtos e reaproveitamento de resíduos/Planos de Negócios e Incubadoras/Infraestrutura Estradas, Hidrovias e Portos, Segurança Pública: Promover agenda de trabalho para recuperação de estradas (BA 262 e outras) e promover agenda de trabalho de segurança pública; 4) Regularização Fundiária e Políticas Ambientais: Zoneamento Agrícola e Regularização Fundiária: Elaborar zoneamento agro climático do território Litoral Sul; 5) Financiamento Crédito Bancário: Acesso ao financiamento coletivo e particular para a modernização da infraestrutura de cacau e derivados. Estimular a produção de cacau de qualidade. Sugere-se que os comitês gestores priorizem as iniciativas mais relevantes para o desenvolvimento dos escopos identificados nas oficinas em projetos técnicos específicos, de modo a permitir o seu encaminhamento e viabilização junto às instituições responsáveis (patrocinadores).

Palavras-chave: Cacaucultura, matriz SWOT, inovação tecnológica, zoneamento ambiental e agrícola.

Public policies for the "Bahia South Coast" through the Cocoa Route program of the Ministry of National Integration. The cacao region of Bahia, Brazil is divided into eight territories. In the Cocoa Route program of the Ministry of Integration, the “South Coast” territory was chosen to work on public policies because of its greater representativeness in relation to cocoa production, 40%. For the definition of the public policies, a diagnosis of the South Coastal territory was initially carried out, followed by a methodology based on the SWOT matrix where the strengths, weaknesses, opportunities and threats were defined. Twenty-five public policies were defined for the sector and then the five priority ones were chosen. As a priority, the following policies were chosen: 1) Inputs and Production/R&D and technology application: to continue the genetic improvement program of cacao in order to obtain productive and pest and disease resistant materials (moniliasis) and training of labor to enable the application of technologies; 2) Improvement, Value Added and Commercialization / Social Capital and Governance: certified beneficiation structures. research and development of new products and cosmetics based on cocoa (food, beverages, cosmetics and medicines) for the implantation of cocoa and chocolate processing industry, cooperative, conceived in a social incubator: start up social attended network of technological services; 3) New products and reuse of waste / Business Plans and Incubators / Infrastructure Roads, Waterways and Ports, Public Safety: Promote work schedule for road recovery (BA 262 and others) and promote public safety work agenda; 4) Land Regularization and Environmental Policies: Agricultural Zoning and Land Regularization: Elaborate agro-climatic zoning of the South Coast territory; 5) Financing Banking Credit: Access to collective and private financing for the modernization of cocoa and derivatives infrastructure. Stimulate the production of quality cocoa. It is suggested that the managing committees prioritize the most relevant initiatives for the development of the scopes identified in the workshops in specific technical projects, so as to allow their referral and feasibility to the responsible institutions (sponsors).

Key words: Cocoa farming, SWOT matrix, Technical innovation, Environmental an Agricultural zoning

Introdução

A Portaria MI nº 80, de 28/02/2018, estabelece as “Rotas de Integração Nacional” como estratégia de inclusão produtiva e desenvolvimento regional do Ministério da Integração Nacional.

As **Rotas** são redes de arranjos produtivos locais - APLs, associados a cadeias produtivas estratégicas capazes de promover a inclusão produtiva e o desenvolvimento sustentável das regiões brasileiras priorizadas pela Política Nacional de Desenvolvimento Regional - PNDR.

As **Rotas** buscam a coordenação de ações públicas e privadas em polos ou territórios selecionados, visando o aproveitamento de sinergias coletivas para promover a inovação, a diferenciação, a competitividade e a sustentabilidade dos APLs. Busca-se equacionar os gargalos da cadeia produtiva nos subsistemas de insumos, produção, processamento ou comercialização, além de questões transversais como financiamento, capital social, meio ambiente e infraestrutura.

Nas **Rotas**, merece especial atenção a construção de parcerias para a montagem de um sistema eficaz de governança. A coordenação de ações permite que cada agência pública ou privada se especialize em sua área de atuação, seja na gestão do financiamento, da capacitação, ou infraestrutura. Por outro lado, o enfoque setorial permite a identificação das necessidades concretas da cadeia produtiva trabalhada no território específico (Brasil, 2017).

Apesar de já existirem a Câmara Setorial da Cadeia Produtiva do Cacau e Sistemas Agroflorestais, coordenada pelo MAPA, da existência do Cocoa Action Brasil e algumas investidas do Governo Estadual, como o Cacau Bahia 2035 e documentos da Câmara Setorial do Cacau em nível estadual, Plano de Desenvolvimento Territorial do Sul da Bahia elaborado pela Ceplac, que já trazem importantes contribuições para o desenvolvimento da economia cacaueira, este importante trabalho desenvolvido pelo Ministério da Integração Nacional denominada “Rotas de Integração Nacional” vem complementar as políticas públicas necessárias que visam o desenvolvimento sustentável dos territórios localizados no Sul da Bahia.

Este trabalho tem como objetivo definir Políticas públicas e privadas do Polo Rota do Cacau “Litoral

Sul”, visando o aproveitamento de sinergias coletivas para promover a inovação, a diferenciação, a competitividade e a sustentabilidade do Arranjo Produtivo Local Cacau e Chocolate, tensionando a interiorização do desenvolvimento econômico, social e ambiental.

Metodologia

A realização da Oficina de Planejamento é precedida por duas etapas principais:

- i) Mobilização dos atores e instituições que participarão da oficina;
- ii) Logística e espaço físico. Mobilização dos atores e instituições.

Para a realização da Oficina de Planejamento faz-se necessário mobilizar atores nacionais e locais, além de instituições de atuação setorial e territorial, sobre a importância e os objetivos do trabalho que se pretende realizar.

No caso da Rota do Cacau, o público-alvo da oficina compreendeu:

- a. Produtores de cacau (cacaucultores), sobretudo os identificados com a agricultura familiar;
- b. Processadores de cacau e pequenos fabricantes de chocolate (inclusive bomboneiros);
- c. Representantes de associações e cooperativas;
- d. Entidades do setor público (Prefeituras municipais, Governo do Estado, Órgãos Federais e suas entidades vinculadas, ministérios, secretarias etc);
- e. Parceiros institucionais: Ceplac, Universidades, Sistema S, Embrapa, CNA, Faeb, Emater, Bancos de Fomento (BNB, BB e outros).
- f. Câmaras técnicas setoriais (federais e estaduais) e núcleos estaduais de APL (NEA-APL), conforme Política de Nacional de Arranjos Produtivos Locais do MDIC.

A mobilização foi realizada com antecedência, de modo que viabilizou a participação efetiva dos convidados. Informações sobre o local, data, horário e programação das oficinas foram divulgados e disponibilizados no Sistema Integra-MI, onde todas as informações do evento estarão disponíveis. Este canal serve, inclusive, para esclarecimentos de dúvidas e interação entre os participantes, antes e depois da realização das Oficinas. O Sistema Integra disponibiliza os arquivos relacionados ao evento, como lista de

presença, certificado de participação, apresentações de slides, carteira de projetos, e demais resultados. Outros canais de comunicação como redes sociais, aplicativos de celulares e sites institucionais facilitam a interação dinâmica dos parceiros da Rota do Cacau.

As oficinas trazem os seguintes resultados:

- a) Definição do nome do polo;
- b) Definição da área de abrangência;
- c) Definição da visão de futuro do polo;
- d) Elaboração da Matriz SWOT (FOFA);
- e) Elaboração de carteira de projetos e ações prioritárias;

f) Definição do Comitê Gestor do polo.

Precedendo as oficinas, buscou-se definir a área de abrangência do Polo Rota do Cacau através da metodologia estabelecida pelo governo da Bahia que divide a sua área em 26 territórios de identidade. A região cacaueira da Bahia contempla 8 territórios: Baixo Sul, Extremo Sul, Médio Sudoeste da Bahia, Litoral Sul, Médio Rio de Contas, Recôncavo, Vale do Jequiriçá e Costa do descobrimento. O litoral Sul é formado por 26 municípios (Figuras 1 e 2). De acordo

com o IBGE os municípios contidos no Litoral Sul ficam localizados na microrregião Ilhéus/Itabuna da mesorregião Sul Baiano.

As oficinas de planejamento visam à criação dos Polos da Rota do Cacau, de acordo com a PNDR. A seleção dos Polos da Rota do Cacau - trabalho que precede a realização das Oficinas - obedece ao planejamento da Secretaria de Desenvolvimento Regional (PNDR) em parceria com instituições setoriais competentes, dentre elas, CEPLAC, Sistema S, órgãos federais e governos estaduais e municipais.

O objetivo geral da Rota do Cacau é promover o desenvolvimento territorial e regional por meio do fortalecimento dos APLs associados à Chococacauicultura. Busca-se identificar e desenvolver redes de APL e articular o apoio de agências públicas e privadas, em torno de uma agenda convergente e sinérgica na cadeia produtiva e no território (Figura 3). As ações partem do entendimento e negociação dos atores (partes interessadas) em relação a problemática do setor (local e nacional) levando a construção de um plano de ações coletivas:

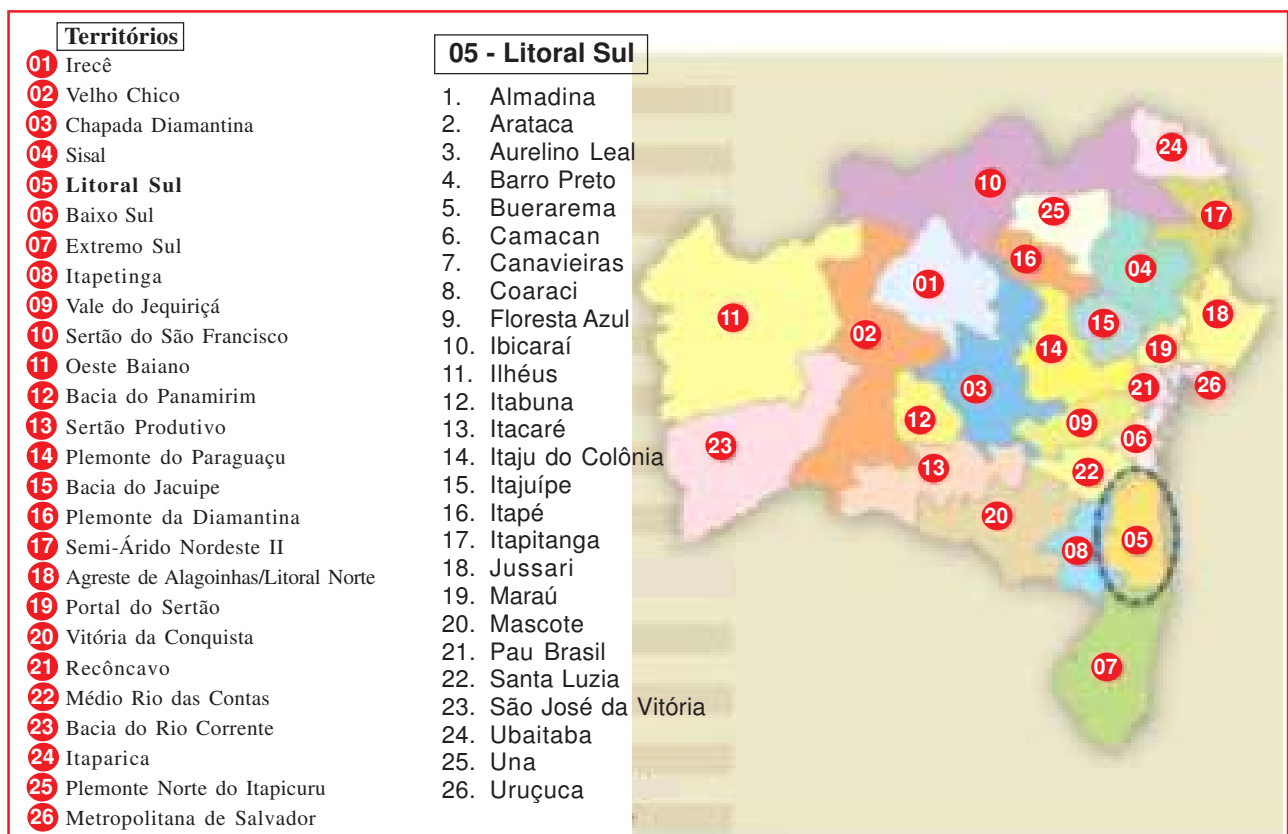


Figura 1 - Composição dos territórios baiano e quantidade de municípios que integram o litoral sul.

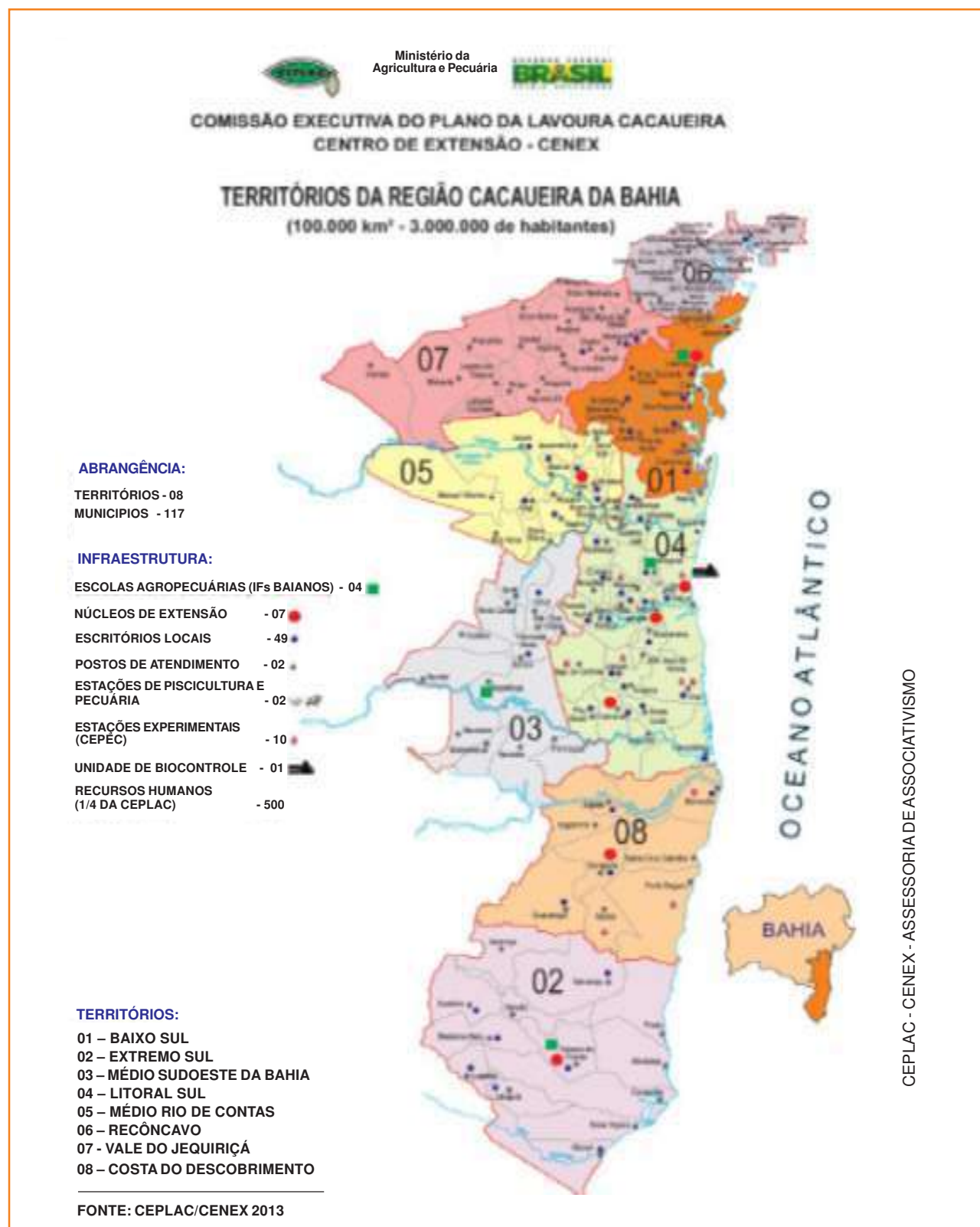


Figura 2 - Composição dos territórios que integram a região cacaueira da Bahia.

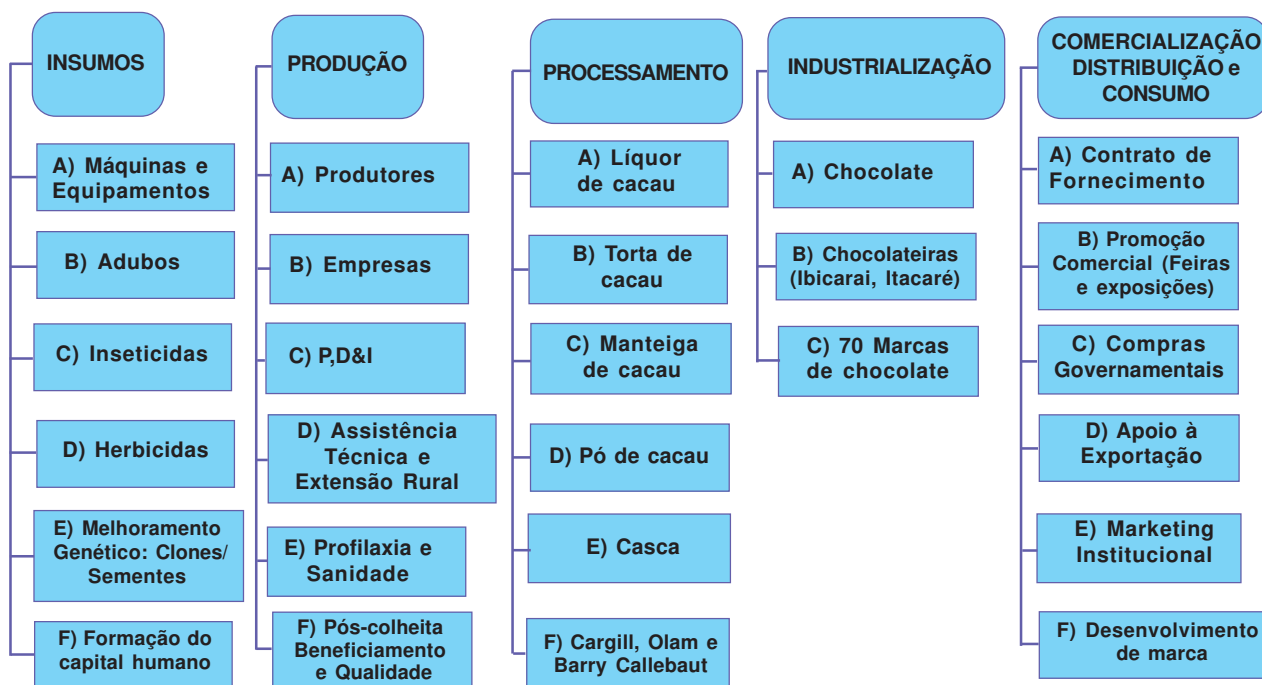


Figura 3 - Cadeia Produtiva do Cacau e Chocolate - Litoral Sul Bahia.

carteiras de projetos com base em oficinas locais de integração.

De acordo com o IBGE (2016), a produção de cacau da região cacaueira está concentrada no Sul da Bahia. Porém, o território Litoral Sul é aquele que detém maior produção de cacau com 39,59% de participação relativa, seguida pelos territórios Baixo Sul com 20,39% e Baixo Rio de Contas com 20,30%. O "Litoral Sul", por ser mais representativo na produção de cacau foi escolhido para ser o primeiro território trabalhado pelo programa Rota do Cacau (Figura 4 e Tabela 1).

Para definição das **políticas públicas** foi escolhida a Matriz SWOT (FOFA) que é uma ferramenta de análise de planejamento; uma ferramenta que ajuda empreendedores e administradores a entender melhor suas organizações e tomar decisões melhores. Ela se baseia no estudo de quatro elementos: forças, oportunidades, fraquezas e ameaças. É um excelente complemento para o planejamento estratégico e foi criada entre as décadas de 1960 e 1970 por Albert Humphrey, que liderou um projeto de pesquisa na Universidade de Stanford, em conjunto com a revista Fortune após reunir dados de 500 empresas na época. O termo SWOT é basicamente um acrônimo das palavras em inglês: Forças (Strengths), Fraquezas

(Weaknesses), Oportunidades (Opportunities) e Ameaças (Threats) da cadeia produtiva do território, além da elaboração da carteira de projetos e a formação do comitê gestor local (Figura 5).

Políticas públicas (Carvalho, Barbosa e Soares, 2010), além de estarem passivas de transformação pelo período histórico que se encontram, também estão diretamente relacionadas às relações de poder, conforme os autores transcrevem o que foi produzido por Boneti (2007) nesse sentido:

Entende-se por políticas públicas o resultado da dinâmica do jogo de forças que se estabelece no âmbito das relações de poder, relações essas constituídas pelos grupos econômicos e políticos, classes sociais e demais organizações da sociedade civil. Tais relações determinam um conjunto de ações atribuídas à instituição estatal, que provocam o direcionamento (e/ou o redirecionamento) dos rumos de ações de intervenção administrativa do Estado na realidade social e/ou de investimentos.

Deste modo, segundo Fragoso et al. (2015), percebe-se que a política pública não é um fenômeno que ocorre de modo isolado visto à existência de vários fatores que determinam as formas de atuação, os tipos de públicos beneficiários e diretrizes a serem adotadas por aqueles que "assinam" a política pública, estes com influência dessas forças de interesse.

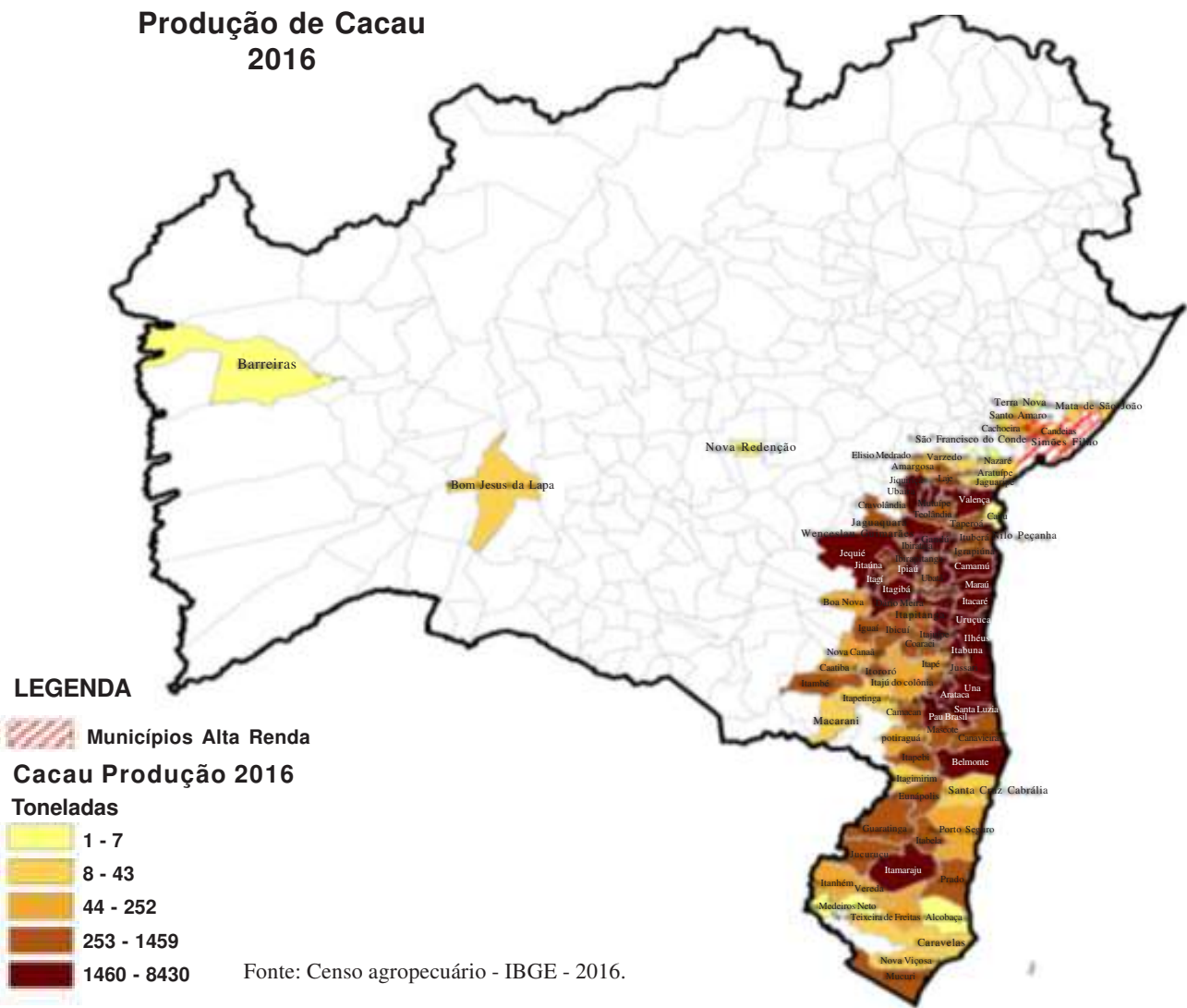


Figura 4 - Produção de cacau na Bahia de acordo com a quantidade em tonelada, 2016.

Tabela 1 - Produtores, número de empresas, área e produção de cacau nos territórios da região cacaueira da Bahia

Territórios	Nº Produtores	Nº Empresas	Área Total (ha)	Arrobas (@)	Toneladas (t)	%
Baixo Sul	11.339	11.908	91.843	2.147.739	32.217	20,39
Costa do Descobrimento	1.010	1.118	23.594	415.184	6.228	3,94
Extremo Sul	1.094	1.193	21.301	494.630	7.419	4,69
Litoral Sul	14.999	14.886	296.897	4.168.963	62.534	39,59
Médio Rio das Contas	7.106	7.266	96.196	2.137.532	32.063	20,30
Médio Sudoeste da Bahia	973	1.028	15.339	303.647	4.555	2,88
Recôncavo	183	162	1.033	25.878	388	0,25
Vale do Jequiriçá	5.114	5.271	24.729	837.510	12.563	7,95
Totalização			570.932	10.531.082	157.966	100



Figura 5 – Matriz SWOT.

De acordo com o manual de políticas públicas do SEBRAE (2008), para atingir resultados em diversas áreas e promover o bem-estar da sociedade, os governos se utilizam das Políticas Públicas que podem ser definidas da seguinte forma:

“(...) Políticas Públicas são um conjunto de ações e decisões do governo, voltadas para a solução (ou não) de problemas da sociedade (...).”

Dito de outra maneira, as Políticas Públicas são a totalidade de ações, metas e planos que os governos (nacionais, estaduais ou municipais) traçam para alcançar o bem-estar da sociedade e o interesse público. É certo que as ações que os dirigentes públicos (os governantes ou os tomadores de decisões) selecionam (suas prioridades) são aquelas que eles entendem serem as demandas ou expectativas da sociedade. Ou seja, o bem-estar da sociedade é sempre definido pelo governo e não pela sociedade. Isto ocorre porque a sociedade não consegue se expressar de forma integral. Ela faz solicitações (pedidos ou demandas) para os seus representantes (deputados, senadores e vereadores) e estes mobilizam os membros do Poder Executivo, que também foram eleitos (tais como prefeitos, governadores e inclusive o próprio Presidente da República) para que atendam as demandas da população.

As demandas da sociedade são apresentadas aos dirigentes públicos por meio de grupos organizados, no que se denomina de Sociedade Civil Organizada (SCO), a qual inclui, conforme apontado acima, sindicatos, entidades de representação empresarial, associação de moradores, associações patronais e ONGs em geral.

As sociedades contemporâneas se caracterizam por sua diversidade, tanto em termos de idade, religião, etnia, língua, renda, profissão, como de ideias, valores, interesses e aspirações.

No entanto, os recursos para atender a todas as demandas da sociedade e seus diversos grupos (a SCO) são limitados ou escassos. Como consequência, os bens e serviços públicos desejados pelos diversos indivíduos se transformam em motivo de disputa. Assim, para aumentar as possibilidades de êxito na competição, indivíduos que têm os mesmos objetivos tendem a se unir, formando grupos.

Para analisar e definir as políticas públicas do Polo Rota do Cacau Litoral Sul o “Arranjo Produtivo Local” do Cacau foi estruturado em 6 eixos para melhor definição das políticas: insumos e produção, beneficiamento, agregação de valor e comercialização, infraestrutura, capital social e governança, regularização fundiária e políticas ambientais e financiamento e tributos (Figura 5).

Como descreve Porter (1986), a formulação de uma estratégia competitiva envolve considerar quatro fatores básicos que determinam os limites de atuação de uma organização. Os pontos fortes e fracos são os ativos e qualificações de uma organização perante seus concorrentes. Para o autor a combinação dos pontos fortes e pontos fracos com os valores da empresa determinam os seus limites internos da estratégia a ser adotada pela organização. As ameaças e as oportunidades de uma organização definem seu meio competitivo, no qual Porter (1986) cita que as expectativas da sociedade refletem o impacto, sobre a organização, de diversas questões como políticas governamentais, interesses da sociedade, dentre outros.

Segundo Ghemawat (2000) a análise SWOT começou a ser desenvolvida nas escolas americanas de administração e o objetivo inicial era focalizar a combinação das forças e fraquezas de uma organização com as oportunidades e ameaças provenientes do mercado. O objetivo da Análise SWOT é definir estratégias para manter pontos fortes, reduzir a intensidade de pontos fracos, aproveitando oportunidades e protegendo-se de ameaças. Diante da predominância de pontos fortes ou fracos e de oportunidades e ameaças podem-se adotar estratégias que promovam a sobrevivência, manutenção, crescimento ou desenvolvimento das organizações.

Oportunidades e Ameaças

Essa é uma análise do ambiente externo, ou seja, elementos que estão fora da sua empresa e do seu controle, mas que influenciam, diretamente, o desempenho da sua marca.

Aqui, o ideal é estudar o mercado, perceber tendências e novidades, acompanhar estatísticas e outros fatores que vão impactar no seu negócio.

As **ameaças** são os aspectos que podem prejudicar ou criar algum tipo de transtorno, como uma nova empresa concorrente se instalando no mesmo bairro que a sua ou uma mudança na legislação que agregue novos impostos à sua operação.

As **oportunidades** são acontecimentos que, com passos bem calculados, podem render ótimos resultados. Podemos pensar em exemplos como uma moda que impulsiona a venda dos seus produtos, uma nova máquina que reduz os custos de fabricação da

sua mercadoria ou uma grande feira do seu segmento que vai acontecer em breve, por exemplo.

Quando você está ciente dos perigos que rondam sua marca pode criar planos de gestão de crise, se preparar para acontecimentos ruins ou até mesmo pensar em formas de transformar essas ameaças em um impulso para crescer.

Ciente das oportunidades que tem, pode se planejar para aproveitá-las melhor e não deixar nenhuma passar.

Análise Cruzada

Quando analisamos as forças e fraquezas como um par de indicadores e as ameaças e oportunidades como outro par estamos fazendo uma análise direta ou linear. Mas esse não é o único jeito.

Podemos observar **forças x oportunidades** como forma de criar estratégias mais agressivas que levem à expansão, estudar **forças x ameaças** para usar o que sua empresa tem de melhor para reverter um possível problema no futuro, cruzar **fraquezas x oportunidades** para descobrir como tendências interessantes podem ajudar a fortalecer o seu negócio e ainda analisar **fraquezas x ameaças** com a intenção de minimizar prejuízos e criar planos de gestão de crise (Qluz, 2017).

Posteriormente, verificou-se que essa metodologia poderia ser estendida e aplicada não só em organizações/empresas, como também em municípios, regiões, territórios, estados e países. Dessa forma, utilizou-se demonstrar a aplicação da Análise SWOT para estudo situacional de um território da região cacauera do estado da Bahia.

Resultados

No total estiverem presentes na oficina Rota do Cacau 54 participantes. Na composição setorial dos participantes estiveram presentes 27 representantes do setor público sendo: 21 do setor federal, 4 estaduais e 2 municipais, 15 representantes do setor empresarial e 12 representantes do terceiro setor, perfazendo 47%, 32% e 21% respectivamente (Figura 6).

Reunidos, a primeira providência foi definir o nome que dariam a Rota do Cacau do Território Litoral Sul. Foi definido entre os participantes que o nome da Rota do cacau passaria a se chamar “Litoral Sul Bahia”.



Figura 6 - Composição Setorial dos participantes.

Os representantes tiveram uma rápida noção da metodologia da Matriz SWOT (FOFA) e em seguida definiram as **Forças, Oportunidades, Fraquezas e Ameaças** da Rota do Cacau Litoral Sul Bahia:

FORÇAS

1. Rede de instituições (Ceplac, CIC, Universidades etc);
2. Referencial Tecnológico (a ser aperfeiçoado);
3. Condições agro-ambientais favoráveis;
4. Parque moageiro instalado;
5. Potencial de sistemas de produção sustentáveis;
6. Certificação, selos, IG;
7. Potencial de qualidade e produtividade;
8. Mercado presente com liquidez (para commodities);
9. Modais (Porto, aeroporto, BRs, BAs);
10. Valor cultural;
11. SAFs;
12. Consolidação do perfil fundiário;
13. Pronaf;
14. ICMS diferido;
15. Localização Geográfica.

OPORTUNIDADES

1. Utilização do potencial de conhecimento tecnológico acumulado;
2. Constante crescimento do sistema *bean to bar*; Existe um conceito de vanguarda no mundo dos chocolates, que é o chamado "*Bean to Bar*". Quando uma marca tem algum produto com essa denominação, significa dizer que ela tem o controle, literalmente, de tudo que acontece desde a amêndoa de cacau até a barra de chocolate (Cacau Show, 2013).
3. Existência de parque moageiro instalado com demanda insatisfeita;
4. Existência de linhas de crédito (FNE Verde, ABC);
5. Demanda crescente pelo consumo de cacau e chocolate de qualidade;
6. Consórcios públicos municipais instalados;
7. Presença de redes de instituições de ensino (médio e superior e educação no campo), pesquisa, fomento e extensão;
8. Indicação Geográfica do Cacau (IG);
9. Calendário de eventos regionais, nacionais e internacionais sobre cacau e chocolate;
10. Potencial de aumento da produção e produtividade;

11. Presença do Parque Científico e Tecnológico do sul da Bahia (PCTSul);
12. Associação de outros cultivos ao cacau (Sistemas Agroflorestais - SAF);
13. Potencial para Pagamento de Serviços ambientais;
14. Novos nichos de mercado de cacau e chocolate;
15. Existência de colegiado territorial;
16. Potencial para Ecoturismo, Agroturismo e Turismo **Gourmet** (é um ideal cultural associado com a arte culinária da boa comida e bebida);
17. Introdução de novas tecnologias na cadeia produtiva do cacau;
18. Aproveitamento dos subprodutos do cacau.

FRAQUEZAS

1. Ausência de manutenção da infraestrutura de logística e comunicação;
2. Falta de Segurança pública;
3. Ausência de comprometimento do setor público para solucionar o endividamento do Plano de Recuperação da Lavoura Cacaueira - PRLC;
4. Pacote financeiro e tecnológico inadequado;
5. Individualismo dos produtores e indústrias (Baixo Associativismo e Cooperativismo);
6. Escassez de mão de obra, sucessão e Êxodo rural (devido aos resultados negativos da atividade);
7. Ausência de negociação futura;
8. Complexidade de Execução do Plano Técnico de Manejo do sistema cabruca;
9. Inexistência de Zoneamento agroclimático, ambiental e social;
10. Qualificação insuficiente de gestão e mão-de-obra;
11. Burocracia excessiva para registrar insumos agrícolas;
12. Volatilidade do mercado de commodities;
13. Ausência de lideranças políticas comprometidas com a cadeia produtiva;
14. Ausência de Políticas Públicas de Incentivo ao Ecoturismo e Turismo Rural;
15. Presença de Entraves burocráticos para a exportação portuária.

AMEAÇAS

1. Concentração do Mercado de commodities (poder de compra do oligopsônio para determinação do preço de venda);
2. Introdução de doenças e pragas (ex.: Monilíase) via importação, barreiras sanitárias vulneráveis e **Drawback**; Segundo (Zugaib, 2016) O **Drawback** é um incentivo concedido às empresas fabricantes-exportadoras, que permitem importar, livre do pagamento de tributos e taxas, itens destinados a integrar um produto final, por transformação, beneficiamento ou composição, com a condição básica deste ser exportado. Decreto lei número 37 de 18 de dezembro de 1966. O Regime Aduaneiro Especial de Drawback é considerado, nos termos da Lei nº 8.402/1992, um incentivo fiscal à exportação. O regime consiste na suspensão ou eliminação de tributos incidentes sobre a aquisição de insumos utilizados na produção de bens a serem exportados.
3. Guerra de preços (**Dumping**) das grandes chocolateiras contra marcas locais; Rocha da Silva, 2005, considera **Dumping** como forma de concorrência desleal podendo caracterizá-lo sob dois aspectos: sob o âmbito interno, seria definido como a venda injustificada de mercadoria abaixo do preço de custo e sob o âmbito internacional, seria entendido como a venda de produtos ao exterior a preços abaixo do valor normal praticado no mercado interno.
4. Legislação (falta de atualização da grade da Lei 7.802 de 11 de julho de 1989, Lei de Defensivos Agrícolas para a cacauicultura);
5. Preço dos insumos devido à variação cambial e falta de produção nacional (fertilizantes, maquinário e outros);
6. Burocracia da Logística de Exportação;
7. Variações Climáticas;
8. Substituição do cacau por novas culturas;
9. Falta de Financiamento adequado para o agronegócio do cacau.
10. Risco da extinção e falta de renovação do quadro de funcionários da CEPLAC;
11. Risco de extinção da Biofábrica Estadual de Cacau;
12. Descontinuidade da gestão de projetos públicos.

O próximo passo foi definir a visão da Rota do Cacau Polo “Litoral Sul Bahia”:

“Ser referência no desenvolvimento sustentável da cadeia produtiva do cacau por meio da agregação de valor e promoção da identidade cultural e turismo, com base na conservação produtiva”

Em seguida houve a divisão em 6 grupos/eixos para definição dos projetos e partes interessadas que darão suporte aos projetos (Tabela 2).

Posteriormente todo o grupo se reuniu para elegerem os cinco projetos prioritários que se encontram na Tabela 3.

Tabela 2 - Eixos, componentes, objeto e partes interessadas nos projetos.

Eixo	Componente	Objeto do Projeto	Partes Interessadas
Insumos e produção. Melhoria nas técnicas de produção das unidades extrativas e agrícolas. Capacitação de equipes locais de apoio técnico.	1. Mudas e material genético	Produção de mudas de cacau de alto valor genético com uso de embriogênese somática	CEPLAC, Instituto Biofábrica, Barry Callebaut, Viveiristas
	2. Certificação do regime de produção	Certificação do cacau cabruca	Resolvido IG (Regulamento de Uso)
	3. Pesquisa, desenvolvimento e aplicação de tecnologia	Desenvolvimento de tecnologia de mecanização da implantação e manejo do cacau	CEPLAC E CIC (se comprometeram a convidar a UESC e parque tecnológico)
		Sistema eficiente de fiscalização fitossanitária para evitar a entrada de pragas a ex: monilíase	CEPLAC, SDA MAPA, (Convidar a ADAB e MP BA e MPF)
		Dar continuidade ao programa de melhoramento genético do cacau visando a obtenção de materiais produtivos e resistentes a pragas (monilíase)	CEPLAC, (SECTI FAPESP), Barry Callebaut e Mars.
	4. Formação e prestação de ATER	Ampliar e melhorar a eficiência técnica da ATER na área de abrangência do polo.	CEPLAC, (SECTI FAPESP), SDR BAHATER, Universidades e Institutos Federais.
		Capacitação de mão de obra para viabilizar a aplicação de tecnologia.	CEPLAC, SDR BAHATER, Universidades e Institutos Federais e Sistema S.
	5. Identificação Geográfica	Implementar o regulamento de uso entre os associados	Associação Cacau Sul Bahia
Beneficiamento, agregação e comercialização. Estruturação de unidades de beneficiamento. Desenvolvimento de sinais distintivos e Fortalecimento de redes de comercialização.	6. Fertilizantes e equipamento para plantio, manejo e colheita	Melhorar a disponibilização de fertilizantes simples ou por formulação	CEPLAC
	1. Estrutura de beneficiamento certificadas	Implantação de uma agroindústria cooperativa de cacau e chocolate de base cooperativa.	Cooperativa Agroindustrial de Cacau e Chocolate
	2. Marcas coletivas e Sinais distintivos	Difusão e fortalecimento institucional da IG através de criação coletiva de uma ident. visual.	ACSB, CIC, CEPLAC, Instituto Arapiaú e Universidades.
	3. Novos produtos e reaproveitamento de resíduos (óleos, amêndoas, casca e pó)	Pesquisa e desenvolvimento de novos produtos e cosméticos a base de cacau (alimentos, bebidas, cosméticos e medicamentos).	PTSB
	4. Assistência Técnica	Difusão tecnológica e qualificação de mão de obra	CIC e PTSB (Convidar Sistema S)
	5. Promoção comercial, Turismo, Feiras e Exposições	Institucionalizar o salão de chocolate de Paris na Bahia	(MDIC, SDR e CEPLAC)
Infraestrutura. Serviços públicos necessários ao desenvolvimento territorial	6. Design e Conceito: Chocolate finos	Desenvolvimento de conceito e imagem de Chocolates finos	Arapiaú e Chocosul
	1. Energia Elétrica (fontes convencionais e renovável)	Diagnóstico de suficiência e qualidade de fornecimento de energia	CIMA (COELBA), Sindicatos e Amurc
		Estimular o uso de energias renováveis	PCTSB (COELBA)
	2. Telecomunicações e Internet	Diagnóstico de suficiência e qualidade em comunicações	PCTSB e SECTI
	3. Estradas, pavimentação, hidrovias e portos	Promover agenda de trabalho para recuperação de estradas (BA 262 e outras)	AMURC, SEINFRA, SECTUR, SDR CAR, CHOCO TUR
	4. Segurança Pública	Promover agenda de trabalho de segurança pública	AMURC E SSP BA, Sindicatos, UDP e Colegiado Territorial

Tabela 2 - Continuação.

Eixo	Componente	Objeto do Projeto	Partes Interessadas
Capital Social e governançaFortalecimento de redes, governança de apoio (APL) e do território	1. Associativismo e cooperativismo	Estimular a organização e sustentabilidade de associações e cooperativas	SEPLAN, CEPLAC, CIMA, AIPC, SDR, Bahiater, Colegiado Territorial
	2. Governança territorial e gestão do APL	Sustentabilidade dos colegiados territoriais e câmaras temáticas baseada na governança quintupla hélice	BNB, SECTI, SEPLAN, CIMA, UESC, IF Baiano
	3. Planos de Negócios e Incubadoras	Criação de incubadoras com start up social em redes de serviços tecnológicos	SECTI, PCTSB, Colegiado Territorial, SEPLAN
Regularização fundiária e Políticas ambientais Formalização e expansão de áreas de produção e políticas de incentivos ambientais	1. Zoneamento agrícola e Regularização Fundiária	Elaborar o zoneamento agroecológico e promover a regularização fundiária	CEPLAC, SEI-BA, SEMA-INEMA,
	2. Regularização e Licenciamento ambiental - CAR	Assinar convênio com a União e Estado para elaboração do CEFIR, georreferenciamento do imóvel rural em áreas ambientalmente sensíveis	(CIMA), Sindicato de Barro Preto, Sindicato Rural de Ilhéus, Prefeituras, FAEB, SDR e CEPLAC
	3. Reflorestamento e recuperação de áreas degradadas	Instalação de APP produtiva com cacau cabruca	CEPLAC, INEMA, SEMA, IBAMA, Consórcio CIMA e Sindicato de Barro Preto
		Identificar, quantificar e valorar os serviços ambientais e ecossistêmicos do cacau cabruca como forma de agregar valor ao sistema e fomentar a promoção do PSA na Bahia	CEPLAC, INEMA, SEMA, IBAMA, Consórcio CIMA e Sindicato de Barro Preto
Financiamento e Tributos Crédito assistido e programa de fomento	1. Financiamento bancário	Acesso ao financiamento coletivo e particular para a modernização da infraestrutura de cacau e derivados	BNB, MI, MF CEPLAC, Sindicato Rural de Ilhéus, Consórcio CIMA, COOPAF, COOPESBA e COOPAG
		Fomentar o aumento da produtividade do cacau da região por meio da adoção do pacote tecnológico da CEPLAC	BNB, MI, MF CEPLAC, Sindicato Rural de Ilhéus, Consórcio CIMA, COOPAF, COOPESBA e COOPAG
	2. Diferimento tributário e Incentivos Fiscais		
	3. Créditos Especiais	Estimular a produção de cacau de qualidade na região, financiando a infraestrutura necessária para colheita e beneficiamento	BNB, MI, MF CEPLAC, Sindicato Rural de Ilhéus, Consórcio CIMA, COOPAF, COOPESBA e COOPAG
		Estimular os produtores que desejam agregar valor ao seu produto	BNB, MI, MF CEPLAC, Sindicato Rural de Ilhéus, Consórcio CIMA, COOPAF, COOPESBA e COOPAG

Considerações Finais

Depois de aplicada metodologia pertinente foram escolhidos pelo grupo 5 projetos prioritários para o Programa Rota do Cacau do Ministério da Integração Nacional Território “Litoral Sul Bahia”, que deverão em parceria com as instituições aderentes ao programa dar continuidade pelos líderes. É necessária a devida parceria com as instituições vinculadas ao programa, principalmente no encaminhamento dos projetos as demandas do Fundo Nacional de Desenvolvimento do

Nordeste – FNE, programas dos governos federal, estadual e municipal, para que sejam inseridos nos seus respectivos orçamentos.

A partir dos resultados das oficinas de planejamento apresentados neste trabalho, os comitês gestores do território da Rota do Cacau “Litoral Sul Bahia” devem se reunir para discutir os próximos passos para viabilização dos projetos identificados.

Sugere-se que o comitê gestor priorize as iniciativas mais relevantes para o desenvolvimento dos escopos identificados nas oficinas em projetos técnicos

Tabela 3 - Os cinco projetos prioritários eleitos pelo Polo Rota do Cacau Litoral Sul Bahia

Eixo	Componente	Objeto	Líder	Partes Interessadas
Insumos e Produção	PD&I e aplicação de tecnologia	Dar continuidade ao programa de melhoramento genético do cacau visando a obtenção de materiais produtivos e resistentes a pragas e doenças (monilíase, etc) e capacitação de mão de obra para viabilizar a aplicação de tecnologias.	Sândalo Barreto (BAHIATER) e Raul Valle (CEPLAC)	CEPLAC, (SECTI, FAPESB) Barry Callebaut e (Mars), CEPLAC, SDR, BAHATER Universidades, Institutos Federais e Sistema S.
	Formação e prestação de ATER			
Beneficiamento, agregação de valor e comercialização/Capital Social e Governança	Estrutura de beneficiamento Certificadas	Pesquisa e desenvolvimento de novos produtos e cosméticos a base de cacau (Alimentos, bebidas, cosméticos e medicamentos)	Antonio Zugaib (PCTsul)	CEPLAC, APC Cooperativa, BNDES, BNB, PCTSB, Colegiado Territorial, SEPLAN, UESC
	Novos produtos e reaproveitamento de resíduos			
	Planos de Negócios e Incubadoras			
Infraestrutura	Estradas, Hidrovias e portos Segurança Pública	Promover agenda de trabalho para recuperação de estradas (BA 262 e outras) e promover agenda de trabalho de segurança pública	Izabel Delmontes (APC)	AMUEC, SEINFRA, SECTUR, SDR CAR, SEPLAN, SSP BA, Sindicatos, Colegiado Territorial
Regularização fundiária e políticas ambientais	Zoneamento Agrícola e Regularização Fundiária	Elaborar zoneamento agro climático do polo	Geomara Nascimento (Seplan-BA)	CEPLAC, UESC, UFSB, (SDR CAR)
Financiamento	Crédito bancário	Acesso ao financiamento coletivo e particular para a modernização da infraestrutura de cacau e derivados. Estimular a produção de cacau de qualidade	Marcelo Abrantes (Chocotur)	BNB, MI, CEPLAC, BAHATER, Sindicato Rural de Ilhéus, Consórcio CIMA

específicos, de modo a permitir o seu encaminhamento e viabilização junto às instituições responsáveis (patrocinadores).

A elaboração técnica e a mobilização política necessária para a viabilização dos projetos deverá ser liderada por suas partes interessadas, conforme registrado nas carteiras de projetos. A equipe técnica do MI está mobilizada para a orientação dos comitês gestores, a partir da plataforma integra (<http://integra.mi.gov.br/>) além de outras ferramentas de comunicação como o e-mail institucional: rotadocacau@integracao.gov.br. (Brasil, 2017).

A evolução da mobilização e a obtenção de resultados concretos levará ao reconhecimento dos territórios da Rota do Cacau como APLs (Arranjos Produtivos Locais). Este reconhecimento facilita o acesso a linhas de financiamento no Brasil, como também de recursos de cooperação internacional. Além do crédito qualificado e financiamento de

projetos, o MI deverá apoiar os territórios na elaboração de projetos para emendas parlamentares e outras alternativas de financiamento, inclusive parcerias público-privadas. A parceria com a Câmara Setorial do Cacau e a Frente Parlamentar do Cacau facilita a qualificação de emendas e projetos estratégicos para a cadeia produtiva do cacau e chocolate.

O presente artigo deve ser aprofundado no sentido de se construir um **Plano de Recuperação da Cacaucultura no Estado da Bahia**, se possível, associado a outras iniciativas já em curso como o Cocoa Action Brasil, Terra dos Povos, Cacau Bahia 2035, Plano de Desenvolvimento Territorial do Sul da Bahia elaborado pela Ceplac, que deverão definir a estratégia para os diversos atores da cadeia produtiva, além das responsabilidades e recursos necessários para o desenvolvimento e o aproveitamento pleno desta promissora cadeia produtiva do cacau e chocolate na Bahia.

Agradecimentos

O autor que participou das oficinas faz um agradecimento especial ao Técnico do Ministério da Integração Vitarque Lucas Paes Coelho, pela capacidade, pelo conhecimento da metodologia e pela condução eficiente do trabalho nas oficinas. Agradecemos também a todos citados e não citados, que participaram das oficinas do Polo Rota do Cacau “Litoral Sul Bahia”.

Literatura Citada

- BONETI, L. W. 2007. Políticas públicas por dentro. Ijuí: Ed. Ijuí, Rio Grande do Sul.
- BRASIL. 2017. Ministério da Integração Nacional. Secretaria de Desenvolvimento Regional. Bases para o plano nacional de desenvolvimento da rota do cordeiro. Brasília DF, Ministério da Integração Nacional.
- Cacau Show. 2013. Relatório de Sustentabilidade.
- CARVALHO, M. de L. et al. 2010. Implementação de política pública: uma abordagem teórica e crítica, Acesso em 10/07/2018. Disponível em: <http://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/97020>
- FRAGOSO, F. M. et al. 2015. Políticas Estratégicas de Desenvolvimento Rural: Uma Proposta Para o Município de Mata-RS. In: Seminário Internacional sobre Desenvolvimento Regional. Globalização em Tempos de Regionalização – Repercussões no Território Santa Cruz do Sul, RS, Brasil.
- GHEMAWAT, P. 2000. A estratégia e o cenário dos negócios: Texto e Casos. Porto Alegre, RS, Editora Bookman. 380p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE. 2016. Censo Agropecuário. Rio de Janeiro, RJ.
- PORTER, M. E. 1986. Estratégia Competitiva: técnicas para análise de Indústrias e da Concorrência. 2 Ed. Rio de Janeiro, RJ, Editora Campus.
- QLUZ, planilhas empresariais. 2017. Ebook: Guia Rápido de Análise SWOT. Acesso em 10/07/2018; Disponível em: <https://meunegocio.uol.com.br/academia/gestao-de-empresas/matriz-swot-conheca-melhor-seu-negocio-e-otimize-suas-estrategias.html#rmcl>
- ROCHA DA SILVA, A. 2005. Dumping e direito internacional econômico. Revista do Programa de Mestrado em Direito do UniCEUB 2(2):390-41.
- SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO AS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS - SEBRAE. 2008. Políticas Públicas: conceitos e práticas / supervisão por Brenner Lopes e Jefferson Ney Amaral; coordenação de Ricardo Wahrendorff Caldas - Belo Horizonte, MG, Sebrae. 48p.
- ZUGAIB, A. C. C. 2016. A importação e exportação de cacau em amêndoas e derivados contemplados pelo sistema Drawback. Centro de Pesquisas do Cacau, Ilhéus, Bahia, Brasil. Agrotrópica 28(3):233-246.



RELAÇÕES ENTRE MASSAS DE FRUTOS E AMÊNDOAS PARA ESTIMAR RENDIMENTOS EM CACAUCULTURA

George Andrade Sodré¹, Izabela Duarte Nery²

¹Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC), Departamento de Ciências Agrárias e Ambientais- DCAA. Rodovia Ilhéus/Itabuna, km 16, 45662-900, Ilhéus, BA, Brasil. ²Mestranda do Programa de Pós Graduação em Produção Vegetal - PPGPV/UESC. gasodre@uesc.br; bellnery@hotmail.com

Esse trabalho avaliou o rendimento de frutos e amêndoas de clones de cacaueiro e estimadores de produção a partir da relação entre as massas frescas de frutos e das amêndoas (RFA) e o índice de fruto (IF). A pesquisa foi realizada no Centro de Pesquisas do Cacau (Cepec/Ceplac), localizada em Ilhéus - BA. O delineamento foi inteiramente casualizado e os tratamentos formados por frutos de clones de cacaueiro. Foram colhidos e processados cinco frutos por planta, dos clones BN-34, CCN-51, CEPEC-2002 e PS-13.19 e obtida a massa fresca do fruto (MFF), número de semente (NS), massa de semente fresca (MSF), massa das amêndoas secas por fruto (MAS), massa de uma amêndoa (M1A), relação fruto amêndoa (RFA), índice de fruto (IF) e correlação de Pearson entre a RFA e o IF. A MFF não variou entre os clones PS-13.19, CCN-51 e BN-34, enquanto o CEPEC-2002 mostrou valor significativamente inferior. A massa das amêndoas secas (MAS) foi significativamente menor para o CEPEC-2002 e o CCN-51, com 69 g/fruto, foi superior e diferiu dos demais. Os menores valores para os coeficientes de variação (CV%) e desvios padrão (Dp) para os dados da RFA quando comparado com o IF, indicaram que a RFA pode ser usada tanto em programas de melhoramento genético para seleção de clones quanto na estimativa de rendimento de colheita do cacaueiro.

Palavras-chave: *Theobroma cacao* L., clones, rendimento de colheita.

Relations between weight of pods and beans to estimate yield in cocoa farm.

This work evaluated the yield of pods and dry beans in cocoa clones and production estimators from the relationship between the fresh pods mass and beans (RFA) and the fruit index (FI). The research was carried at the Cocoa Research Center (Cepec/Ceplac), located in Ilhéus - BA, Brazil. The design was completely randomized (DIC) and the treatments were pods of cocoa clones. Five pods per tree from clones BN-34, CCN-51, CEPEC-2002 and PS-13.19 were harvested and processed, obtaining the fresh pods mass (MFF), seed number (NS), fresh seed mass (MSF), dry beans mass (MAS), mass of a bean (M1A), fruit dry bean ratio (RFA), fruit index (IF) and Pearson correlation between RFA and IF indices. MFF did not vary between PS-13.19, CCN-51 and BN-34 clones, while CEPEC-2002 showed significantly lower value. The dry bean mass (MAS) was significantly lower for CEPEC-2002 while CCN-51, with 69 g/pod, was higher and differed from the others. The smaller values for coefficient of variation (CV %) and standard deviations (Dp) for the RFA data when, compared to the IF, indicated that RFA can be used both in genetic improvement programs for clone selection and in the estimation of yield of cacao farms.

Key words: *Theobroma cacao* L., clones, harvest.

Introdução

O cacauieiro (*Theobroma cacao* L.) é uma espécie perene que agrega valor social, ambiental e, sobretudo comercial ao cultivo, pois gera matéria prima para fabricação de chocolate, geleias, sorvetes, sucos, cosméticos e bebidas finas (Almeida e Valle, 2007) e manteiga de cacau, produto de maior valor econômico obtido no processo industrial (Furlan, 2013).

Dentre as partes constituintes do fruto do cacauieiro a casca é o componente mais volumoso, com cerca de 80% da massa total (Sodré et al., 2012). A casca também apresenta massa 10 vezes superior, se comparado ao líquido, matéria prima do chocolate e derivados do cacau (Pereira, 2013). A semente fermentada e seca com aproximadamente 7% de umidade, denominada “amêndoa de cacau” é o principal produto comercializável da cacaucultura.

Pesquisas em genética e melhoramento do cacauieiro, em geral, objetivam aumento da produtividade, resistência às doenças, peso das amêndoas, quantidade de frutos por planta e também o número de sementes por fruto (Carletto, Monteiro e Bartley, 1983; Pereira, Carletto e Dias, 1987; Dias, 2001; Cilas, Machado & Motamayor, 2010; Yamada et al., 2014). As diferenças entre o tamanho, forma, cor e qualidade das amêndoas, em geral, são usadas como critérios de comercialização e classificação. A indústria moageira de cacau demanda amêndoas com peso médio acima a um grama. Nesse contexto, o peso final das amêndoas é importante para o produtor, porque se obtendo amêndoas pesadas eleva-se o rendimento da mão de obra para processar os frutos colhidos (Carvalho et al., 2001).

O índice de fruto (IF) é um estimador da quantidade de frutos necessários para produzir 1,0 kg de amêndoas (Silva Neto et al., 2001), muito usado em pesquisas e de acordo com SENAR (2018), o IF médio para cacauieiros varia entre 15 a 31. Devido às diferenças entre frutos na mesma planta, estações do ano e também entre plantas, o IF pode não ser um índice efetivo para indicar produtividade e também selecionar materiais genéticos produtivos. Por outro lado, a relação entre as massas do fruto fresco e das amêndoas (RFA), por ser uma relação direta e de fácil obtenção, pode ser adotada como indicador de rendimento e produtividade do cacauieiro.

Esse trabalho avaliou o rendimento de frutos e amêndoas em plantas clonais de cacauieiro e estimadores de produção a partir da relação entre as massas frescas de frutos e de amêndoas (RFA) e o índice de fruto (IF) de variedades clonais de cacauieiro.

Material e Métodos

A pesquisa foi realizada no Centro de Pesquisas do Cacau (Cepec), principal órgão de pesquisas da Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira, Ceplac – localizado no km 22, Rodovia Ilhéus/Itabuna, Ilhéus – BA, latitude 14°75'54"; longitude 39°23'10", durante os meses de novembro a dezembro de 2018.

O delineamento foi inteiramente casualizado (DIC) e os tratamentos formados por frutos de quatro clones de cacauieiro. Foram colhidos cinco frutos por planta, dos clones BN-34, CCN-51, CEPEC- 2002 e PS-13.19 e cada fruto representou uma repetição. Os clones foram escolhidos por serem produtivos e muito cultivados em propriedades agrícolas na região cacaueira do Estado da Bahia (Tabela 1; Figura 1).

Os frutos, depois de colhidos foram pesados e em seguida abertos individualmente para retirada das sementes que foram contadas, lavadas com água corrente para a retirada da polpa, enxutas com papel toalha e pesadas para obter a massa úmida. As sementes de cada fruto foram acondicionadas em placas de Petri e secas em estufa calibrada a 47 °C que, de acordo com Serra e Sodré (2021), é a

Tabela 1 - Características gerais dos clones usados no experimento de relação fruto amêndoa (RFA) e índice de frutos (IF)

CEPEC - 2002: Planta de pequeno porte, autocompatível, arquitetura uniforme e elevada produtividade. Frutos pequenos, verdes, rugosidade mediana. Peso médio de 35 g de amêndoa por fruto.	BN-34: Clone autocompatível, identificado em fazenda de produtor no município de Camacan-BA. Apresenta fruto roxo, forma oblonga e peso médio de 53g de amêndoa por fruto. Pode ser cultivado em áreas com média severidade da doença podridão parda.
CCN-51: Planta de médio porte, crescimento ereto, autocompatível e muito produtiva. Frutos grandes, vermelhos arroxeados. Clone tolerante a vassoura de bruxa.	PS-13.19: Planta de porte médio, arquitetura ereta, precocidade. É autocompatível e apresenta alta produtividade. Possui frutos vermelhos arroxeados de tamanho médio.

Dados extraídos de Sodré (2017).

**CEPEC - 2002****CCN - 51****BN - 34****PS - 13.19**

Figura 1- Aspecto geral dos frutos dos clones usados para avaliação do rendimento de frutos e amêndoas e estimadores de produção a partir da relação entre as massas frescas de frutos e das amêndoas (RFA) e o índice de fruto (IF).

temperatura recomendada para secagem de sementes e obtenção de amêndoas de cacau. Após 48 horas as placas foram retiradas da estufa e realizada pesagem das amêndoas, verificando que se encontravam com teor de umidade variando entre 6 e 8%.

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias dos tratamentos foram

separadas pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade. O teste de Scott-Knott foi escolhido, pois consegue separar as médias de grupos distintos, por meio da minimização da variação dentro dos grupos e maximização da variação entre grupos (Santos, 2000). Também obtida correlação linear de Pearson ($p < 0,05$) entre os dados de RFA e IF.

Resultados e Discussão

A massa fresca dos frutos (MFF) variou entre 465 g e 728 g e pelo Teste de Scott-Knott foram formados dois grupos. Os clones PS-13.19, CCN-51 e BN-34 não diferiram entre si, enquanto o clone CEPEC-2002 mostrou resultados significativamente inferiores para a MFF em relação aos demais (Tabela 2). Diferenças entre massa fresca em frutos de clones de cacauzeiro também foram observadas por Moreira (2017) com valores médios de 376 g; 478 g e 469 g respectivamente para o CEPEC-2002, PS-13.19 e CCN-51. Esse autor, realizando caracterização e análises descritivas do fruto de cacau identificou variação significativa na MFF e isso se tornou mais evidente quando comparou diferentes genótipos. De acordo com Alexandre (2015), o peso médio de um fruto de cacauzeiro é de aproximadamente 550 g.

Verificou-se que frutos que continham maior número de sementes (NS) também apresentavam maior massa de sementes frescas (MSF). Para o NS foram obtidos três grupos, o superior formado pelo clone CCN-51 (54), o intermediário pelo BN-34 (39) e PS-13.19 (37) e o inferior pelo clone CEPEC-2002 (31). Esses resultados podem ser atribuídos tanto às diferenças genéticas entre clones quanto às condições de manejo da área onde os frutos foram colhidos. O NS depende da variedade cultivada (Bartley, 2005) e, em geral, do sistema de produção (densidade e níveis de sombreamento), idade das plantas, ambiente (precipitação, fertilidade do solo) e danos por pragas e doenças (Serra e Sodré, 2021).

Excetuando-se o clone CCN-51 a massa de fruto fresco (MFF) e a massa da amêndoa (MAS) aparentemente não foram afetadas pelo NS. No clone PS-13.19, por exemplo, verificou-se que apesar de apresentar a maior MFF o NS foi de 37 sementes, valor significativamente inferior ao que foi encontrado para o CCN-51. Em geral, o número de frutos na planta pode alterar o valor individual do NS e da MAS e, nesse contexto, deve-se destacar que não foram contados os demais frutos existentes na planta no momento da coleta o que pode explicar o resultado encontrado. O fruto de cacauzeiro pode conter de 30 a 50 sementes (Serra e Sodré, 2021), por outro lado, como destacaram Higuti et al. (2010), trabalhando com tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill), o número de sementes efetivamente formadas em um fruto é função do número de óvulos viáveis e incrementa conforme eleva-se o percentual de fertilização.

Na Tabela 2, verifica-se que a massa de sementes frescas (MSF) diferiu significativamente entre clones. A maior MSF foi encontrada no clone CCN-51 (134g) e a menor no CEPEC-2002 (50 g). Nesse contexto, como observou Moreira (2017), o CCN-51 apresenta alto rendimento de polpa e de sólidos totais. A MSF é uma característica facilmente identificada pelo produtor, pois retrata a produção real de cada fruto (Carvalho et al., 2001) e também relacionada à massa de amêndoa seca (MAS), no entanto, nesse trabalho foi observado, por exemplo, que o clone PS-13.19 não diferiu do BN-34 para MSF mas foi significativamente diferente para a MAS, resultado que pode ser atribuído tanto ao estado de maturação dos frutos, no momento

Tabela 2 - Valores médios da massa de frutos e amêndoas de clones de cacauzeiro e estimadores de produção a partir da relação entre as massas frescas de frutos e das amêndoas (RFA) e o índice de fruto (IF)

Clone	MFF (g)	NS (g)	MSF (g)	MAS (g)	M1A	RFA	IF	Correlação RFA/IF
PS - 13.19	728 a	37 b	89 b	46 c	1,2 a	16 a	22 a	0,85
CEPEC - 2002	465 b	31 c	50 c	28 d	1,1 a	17 a	36 a	
BN - 34	637 a	39 b	97 b	53 b	1,4 a	12 a	19 a	
CCN-51	671 a	54 a	134 a	69 a	1,3 a	10 a	15 a	
Média	625,2	40,2	92,5	49	1,2	14	23	
Dp	113,2	9,8	34,4	17	0,2	3,3	9,1	
CV %	18	24	37	35	15	24	40	

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Teste Scott-Knott a 5% de probabilidade. Massa fresca do fruto (MFF), número de semente (NS), massa de semente fresca (MSF), massa de amêndoa seca (MAS), massa de uma amêndoa (M1A), relação fruto amêndoa (RFA=MFF/MAS), índice de fruto (IF=1000/MAS), correlação entre os índices relação fruto amêndoa e índice de fruto (Correlação RFA/IF). Dp desvio padrão; CV % coeficiente de variação.

da colheita, quanto ao teor de polpa (mucilagem aderida às sementes) individual de cada fruto.

A MAS variou significativamente entre clones onde o CEPEC-2002 foi a menor com 28 g por fruto e o CCN-51 com 69 g foi superior e diferiu dos demais (Tabela 2). A MAS é uma variável relacionada com extração e exportação de nutrientes (Moreira, 2017), e que apresenta diferenças em relação ao tamanho, forma, cor e qualidade (Enriquez e Soria, 1967).

Não houve diferença entre os clones para a massa seca de uma amêndoa (M1A), entretanto, o clone CEPEC-2002 com valor de 1,1 g, registrou massa média próxima ao valor mínimo recomendado pela indústria que é de 1,0 g. Segundo Carvalho et al. (2001), o aumento do peso médio de amêndoa é fator de ganho para o agricultor, pois, quanto maior a M1A, maior será o rendimento de colheita. De acordo com Glendinning (1963), sementes menores e amêndoas leves, em geral possuem reduzido teor de gordura e alta proporção de casca.

Considerando que quanto maior o IF, maior será a quantidade de frutos necessária para obter 1,0 kg de amêndoas, os resultados encontrados nesse trabalho mostram que para os clones PS-13.19, CEPEC-2002, BN-34 e CCN-51, seriam necessários aproximadamente de 33, 54, 29 e 23 frutos/planta, respectivamente, em uma população de 1.000 cacaueiros/ha, para obter produtividade em amêndoas de 1.500 kg/ha/ano.

Caso fosse adotado o índice RFA a massa total estimada de frutos expressa em kg para a produtividade de amêndoas de 1.500 kg/ha/ano seria para os clones PS-13.19 (23.739 kg), CEPEC-2002 (24.910 kg), BN-34 (18.028 kg) e CCN-51 (14.586 kg).

Foi verificada correlação linear positiva ($r = 0,85$ $p < 0,05$) entre a relação fruto amêndoa (RFA) e o índice de fruto (IF) e maiores valores de coeficiente de variação CV % e desvio padrão Dp para o IF em comparação à RFA (Tabela 2). Considerando que o CV % representa a variabilidade dos dados em relação à média (Mohallem et al., 2008), enquanto o Dp expressa o grau de dispersão dos dados da média (Martins, 2013) os resultados indicam haver maior variabilidade para os dados do IF e que a RFA seria, portanto, mais adequada para avaliação de cacaueiros, especialmente se considerar que existe grande variação entre os componentes que formam esses índices e que

são potencializados pelo manejo das plantas e do ambiente de produção dos cacaueiros.

Conclusões

Menores coeficientes de variação e desvios padrão encontrados na relação fruto amêndoa (RFA), quando comparados com o índice de fruto (IF), indicam que a RFA pode ser usada como estimador de produção, tanto em programas de melhoramento genético, para seleção de clones, quanto na estimativa de qualidade e rendimento de safras do cacaueiro.

Literatura Citada

- ALEXANDRE, R. S. 2015. Caracterização de frutos de clones de cacaueiros na região litorânea de São Mateus, ES. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 19(8):785-790.
- ALMEIDA, A. A. F. de; VALLE, R. R. 2007. Ecofisiologia do cacaueiro. *Brazilian Journal of Plant Physiology* 19(4):425-448.
- BARTLEY, B. G. D. 2005. The genetic diversity of cacao and its utilization. CABI Publishing, Massachusetts. 341p.
- CARLETO, G. A.; MONTEIRO, W. R.; BARTLEY, B. G. D. 1983. Critérios para seleção de híbridos com cacaueiro. *Revista Theobroma (Brasil)* 13(4):315-320.
- CARVALHO, C. G. P. et al. 2001. Avaliação e seleção de híbridos de cacaueiro em Rondônia. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 36(8):1043-1051.
- CILAS, C.; MACHADO, R.; MOTAMAYOR, J. C. 2010. Relations between several traits linked to sexual plant reproduction in *Theobroma cacao* L.: number of ovules per ovary, number of seeds per pod, and seed weight. *Tree Genetics & Genomes* 6:219-226.
- DIAS, L. A. S. 2001. Melhoramento genético do cacaueiro. Funape, Viçosa, MG. 578p.
- ENRIQUEZ, G.; SORIA, J. V. 1967. The variability of certain bean characteristics of Cacao (*Theobroma cacao* L.). Instituto Interamericano de Ciências Agrícolas, Turrialba, Costa Rica.

- FURLAN, L. M. 2013. Estudo morfofisiológico e anatômico de dois genótipos de cacauero (*Theobroma cacao* L.) submetidos a diferentes condições de radiação solar. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Espírito Santo - UFES, Vitória, ES.
- GLENDINNING, D. R. 1963. The inheritance of bean size, pod size and number of beans per pod in cocoa (*Theobroma Cacao* L.), with a note on bean shape. Plant Breeder, Cocoa Research Institute, Tafo, Ghana.
- HIGUTI, A. R. O. et al. 2010. Produção de Tomate em função da “Vibração” das Plantas. *Bragantia* 69(1):87-92.
- MARTINS, M. E. G. 2013. Desvio padrão amostral. *Revista de Ciência Elementar* 1(1):1-2.
- MOHALLEM, D. F. et al. 2008. Avaliação do coeficiente de variação como medida da precisão em experimentos com frangos de corte. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* 60(2):449-453.
- SILVA NETO, P. J. et al. 2001. Sistema de produção de cacau para a Amazônia Brasileira. Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira – CEPLAC, Belém, PA. 125p.
- MOREIRA, L. F. 2017. Caracterização da polpa dos frutos de genótipos de cacauero (*Theobroma cacao* L.) produzidos no Vale do Jaguaribe – Ceará. Dissertação Mestrado. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Campus Limoeiro do Norte - CE. 69p.
- PEREIRA, M. G.; CARLETTO, G. A.; DIAS, L. A. S. 1987. Avaliação de híbridos de cacaueiros nas condições de Linhares, ES. *Boletim Técnico*, 150. CEPLAC, Ilhéus, BA. 40p.
- PEREIRA, I. de O. 2013. Viabilidade da utilização da casca do cacau como combustível no aquecimento de ar para secagem de amêndoas de cacau. Tese Doutorado. Universidade Federal de Viçosa - UFV, Viçosa, Minas Gerais. 213p.
- SANTOS, C. 2000. Novas alternativas de testes de agrupamentos avaliados por meio de simulação Monte Carlo. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG. 85p.
- SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM RURAL - SENAR. 2018. Cacau: Produção, Manejo e Colheita. Coleção SENAR N. 215. SENAR, Brasília, DF. 145p.
- SERRA, W. S.; SODRÉ, G. A. 2021. Manual do cacaucultor: perguntas e respostas. *Boletim Técnico* N. 221. CEPLAC/CEPEC, Ilhéus, BA. 190p.
- SODRÉ, G. A. et al. 2012. Extrato da casca do fruto do cacauero como fertilizante potássico no crescimento de mudas de cacauero. *Revista Brasileira de Fruticultura* 34(3):881-887.
- SODRÉ, G. A. 2017. Cultivo do Cacauero no Estado da Bahia. 1. ed. MAPA/Ceplac/Cepec, Ilhéus, BA. 126p.
- YAMADA, M. M. et al. 2014. Características de frutos e reações de compatibilidade de seleções de cacauero da série ESJOB. *Revista Agrotrópica (Brasil)* 26(2):99-102.



REDESCRIÇÃO DA SINTOMATOLOGIA CAUSADA POR *Crinipellis perniciosa* EM CACAUEIRO

Stela Dalva Vieira Midlej Silva, Edna Dora Martins Newman Luz, Olívia Cordeiro de Almeida, Karina Peres Gramacho e José Luiz Bezerra

CEPLAC/CEPEC, Seção de Fitopatologia, Caixa Postal 07, 45600-970, Itabuna, Bahia, Brasil.

A doença vassoura-de-bruxa causada pelo fungo da classe dos basidiomicetos, *Crinipellis perniciosa* é de suma importância, devido ao seu efeito devastador sobre a cultura do cacaueiro, com sérias consequências sócio-econômicas nos países onde ela ocorre. Embora a sintomatologia da doença já tenha sido descrita por outros autores, o presente trabalho tem como objetivo a redescrição detalhada de todos os sintomas naturais e artificialmente induzidos, a partir da semente, passando por todos os estádios de desenvolvimento até à planta adulta em produção. As descrições visam facilitar o diagnóstico para técnicos e fitopatologistas não familiarizados com a doença que levarem em consideração alguns sintomas ainda não descritos e outros cuja descrição era incompleta ou ambígua. Aspectos epidemiológicos da produção de basidiomas nas partes colonizadas, após o aparecimento dos sintomas são também apresentados.

Palavras-chave: *Theobroma cacao*, vassoura-de-bruxa, sintomas, diagnóstico, epidemiologia

Redescription of the symptomatology caused by *Crinipellis perniciosa* in cacao. The witches' broom disease of cacao caused by the basidiomycete fungus *Crinipellis perniciosa* is extremely important due to its devastating effect on the cacao crop with serious socio-economical consequences for the countries where the disease occurs. Witches' broom symptoms have been described by several authors, but omissions and incorrections were noted in their descriptions. This work is an attempt to redescibe all disease symptoms naturally and artificially induced, from seeds to adult plants covering all stages of plant development. These detailed descriptions of symptoms will help technicians and plant pathologists not familiar with the disease to diagnose the disease by considering some symptoms not yet described and others which description was incomplete or ambiguous. Epidemiological aspects of basidiomata production on colonized and dead parts, after the onset of the symptoms are also dealt with.

Key words: *Theobroma cacao*, witches' broom, symptoms, diagnostic, epidemiology

Introdução

A doença vassoura-de-bruxa do cacau (Theobroma cacao L.) foi registrada oficialmente por Went em 1904, que relata a sua ocorrência, em 1895, no Suriname, causando sérios prejuízos no município de Saramacca (Holliday, 1952). Seu agente etiológico, porém, só foi descrito por Stahel em 1915 como *Marasmius perniciosus*. Em 1942, foi transferido para o gênero *Crinipellis* por Singer e, na revisão da sistemática do fungo, foi mantido o binômio *Crinipellis perniciosa* (Stahel) Singer (Pegler, 1978). Esse fungo é um basidiomiceto, hemibiotrófico, pertencente a ordem Agaricales, família Tricholomataceae e abrange espécies com basidiomas pileados, estipitados, lignícolas e capazes de revivescer após o secamento quando são umedecidos. A impressão dos esporos (“spore print”) é de cor branca, contrastando com a da família Agaricaceae que é castanho escura (Luz et al., 1997). Três variedades do patógeno são reconhecidas: *Crinipellis perniciosa* var. *perniciosa*, como píleo esbranquiçado nas margens e róseo-avermelhado no centro; var. *ecuadoriensis*, com píleos uniformemente vermelhos e var. *citriniceps*, com píleos amarelo-citrinos (Pegler, 1978).

Diversas denominações foram dadas à doença, como: “krulloten” usada pela primeira vez no Suriname por Stahel, em 1895; “balai de sorcière”, na França; “escoba de bruxa” em países de língua espanhola; “witches’ broom” em países de língua inglesa; “lagartão” em certas partes da Amazônia brasileira e “vassoura-de-bruxa” nas demais localidades do Brasil.

Esta doença é considerada um dos principais e dos mais sérios problemas que atingem o cacau, podendo ocasionar perdas na produção de cacau de 70-90% (Rudgard et al., 1993), embora os danos indiretos possam ser bem maiores. Na Bahia, após a sua introdução, em 1989, foram constatadas morte de inúmeras plantas em consequência da perda total da folhagem causada por *C. perniciosa*. Na tentativa de estimar as perdas de safras causadas pela vassoura-de-bruxa, com base em dados de campo e após comparados com os resultados de simulação da evolução da doença (Sgrilloe Araújo, 1994), as perdas na produção da Bahia nos anos agrícolas de 1991/92 a 1996/97 variaram de 1 a 28%, tendo uma média de 8,76%, neste período avaliado em relação à produção potencial (Santos Filho et al., 1998).

A vassoura-de-bruxa tem ampla distribuição geográfica nos países produtores de cacau da América do Sul e Central como o Brasil, Bolívia, Colômbia, Equador, Guiana, Peru, Venezuela, Panamá e nas ilhas do Caribe, Trinidad, Tobago, Granada, Santa Lucia e São Vicente. Após o primeiro assinalamento da doença no Suriname, em 1895, ela foi reportada na Guiana Inglesa.

em 1906, na Colômbia, em 1917 e no Equador, em 1918 (Holliday, 1952). Stahel, em 1920, encontrou a enfermidade no rio Cutari nas fronteiras entre o Brasil, Guiana Inglesa e o Suriname. Na mesma expedição, Stahel detectou a doença na região do rio Tapajós, afluente do rio Amazonas, na Amazônia brasileira, sugerindo que os cacauais do Vale do Amazonas estavam na sua maioria infectados pela doença. Essa hipótese, segundo Baker e Holliday (1957) foi confirmada por Pound (1938). Segundo este autor, a doença estaria espalhada por todo o vale do Amazonas e seus inúmeros afluentes, indo desde o leste no estado do Pará até os planaltos aos pés da cordilheira dos Andes. Desse modo as terras baixas do Amazonas, da Bolívia, do Peru e da Colômbia estavam dentro da zona de ocorrência da vassoura-de-bruxa. Em 1928, a doença foi encontrada em Trinidad (Stell, 1928) e também na Venezuela. Data de 1939, a primeira ocorrência da vassoura-de-bruxa em Tobago e de 1948, em Granada (Dale, 1946 e 1949). No Panamá foi detectada em 1978 (Pereira, 2000).

Desde a década de 1970, esforços foram empreendidos para impedir a introdução do patógeno nos cacauais da Bahia, região responsável por 84,5% da produção nacional que era então a segunda maior do mundo. Porém, em maio de 1989, a doença foi detectada no sul da Bahia (Pereira et al., 1989) e apesar das medidas de erradicação executadas em 12 ha, no município de Uruçuca, novos focos foram descobertos no mesmo ano, no município de Camacan. Desta forma, a doença instalou-se nos dois maiores agrossistemas cacauais do sul da Bahia – o do Almada, que abrange os municípios de Uruçuca, Ilhéus, Itabuna, Buerarema, São José da Vitória, Lomanto Júnior, Itajuípe, Coaraci, Almadina, Floresta Azul, Ibicaraí, Itapé e Jussari; e o de Camacan, com os municípios de Camacan, Pau Brasil, Mascote, Santa Luzia e Arataca. A partir destes, a doença disseminou-se rapidamente para todas as regiões produtoras do estado. O impacto econômico, social e ecológico da disseminação da vassoura-de-bruxa na Bahia foi dramático (Trevizan e Silva, 1995). Este fato passará à história como um marco na modificação da estrutura agrícola da região e um dos exemplos de como uma fitomoléstia pode modificar radicalmente a economia e a vida dos habitantes de uma região. Doze anos após, em fevereiro de 2001, a doença foi constatada em duas fazendas no estado vizinho do Espírito Santo, no município de Linhares. Neste estado, a doença não progrediu rapidamente até o momento, devido as condições climáticas e ao cuidado dos produtores na remoção e queima das partes infectadas.

Os basidiósporos, únicos propágulos comprovadamente infectivos de *C. perniciosa*, têm habilidade para invadir e infectar principalmente os tecidos meristemáticos de qualquer parte da planta. Assim, as gemas apicais e axilares, almofadas florais, flores e frutos apresentam os sintomas

característicos envolvendo hipertrofia além de outras anormalidades (Bastos e Silva, 1980; Costa, 1993; Gramacho et al., 1992, Lawrence et al., 1991; Rudgard, 1989). De acordo com Evans (1981), os sintomas variam dependendo da cultivar, do tipo de tecido envolvido e do seu estágio de desenvolvimento. A diversidade dos sintomas é um dos entraves às pesquisas sobre a doença (Lass, 1985).

Embora a sintomatologia da vassoura-de-bruxa já tenha sido detalhadamente descrita por Holliday (1952), Baker e Holliday (1957), Thorold (1975), Evans (1981), Rudgard (1989) e Tovar (1991), entre outros, ao longo dos doze anos de estudo da vassoura-de-bruxa na Bahia, foram observados alguns sintomas ainda não descritos ou cuja descrição não corresponde exatamente ao que foi visualizado. Os sintomas em plântulas inoculadas em diferentes estádios de desenvolvimento não haviam sido detalhadamente descritos até o momento, e a comparação com mudas infectadas naturalmente, também não consta na literatura. Além disso, estão sendo incorporadas as descrições de alguns sintomas em plântulas e plantas adultas com resistência a *C. pernicioso*, o que é inédito. A sintomatologia em frutos também está sendo complementada. Em função dessas adições e devido a terminologia usada na literatura causar certa ambiguidade na tradução de outros idiomas, se fez necessária a redescritção de todos os sintomas. O presente trabalho tem como objetivo preencher esta lacuna e facilitar aos técnicos e fitopatologistas não familiarizados com a doença a identificação, senão de todos, da maioria dos sintomas da doença. Além disso, são também apresentados os aspectos epidemiológicos da produção de basidiomas em frutos e em vassouras.

Material e Métodos

Em experimentos de inoculação artificial em plântulas de cacaueiro visando estudar as reações de suscetibilidade de numerosos materiais genéticos, os sintomas produzidos foram catalogados e documentados para posterior análise da importância relativa de cada um deles na seleção de materiais resistentes.

Nos experimentos realizados para testar, em condições de campo, plantas selecionadas nos testes em casa-de-vegetação, os sintomas também foram analisados e catalogados para completar o estudo da síndrome da vassoura-de-bruxa do cacaueiro.

A avaliação da produção de basidiomas em vassouras e frutos foi conduzida em área experimental para estudos epidemiológicos da vassoura-de-bruxa, na fazenda Caprichosa em Camacan - BA. Vassouras e frutos produzidos na área, em época conhecida, foram observados para determinação dos períodos de secamento, dormência e produção de basidiomas. O número de

basidiomas formados diariamente, foi contado a partir do início do período produtivo de frutos e vassouras correlacionando-se com os eventos climáticos.

Resultados e Discussão

I. Sintomas em plântulas

Serão descritos a seguir sintomas observados em plântulas provenientes de sementes infectadas e plântulas inoculadas artificialmente no estágio cotiledonar ou no segundo lançamento foliar e plântulas infectadas naturalmente em condições de viveiro.

Sintomas em plântulas provenientes de sementes pré-germinadas

Sementes pré-germinadas e inoculadas artificialmente, apresentam plântulas com sintomas semelhantes às aquelas originadas de sementes aparentemente sadias, provenientes de frutos infectados. O sistema radicular das plântulas doentes é atrofiado em relação às plântulas sadias (Figura 1a, b), o hipocótilo apresenta-se hipertrofiado e vassouras vegetativas são produzidas a partir de gemas situadas no nó cotiledonar. Os cotilédones permanecem aderidos por um período prolongado (Figura 2a, b, c). A infecção neste estágio, geralmente causa a morte da plântula (Figura 3a, b).

Algumas plântulas antes de morrer podem apresentar debilidade com as folhas em posição anormal (Figura 3c). As folhas podem estar cloróticas (Figura 3d, e), delgadas e de consistência apertada antes de secarem, apresentando uma consistência quebradiça.

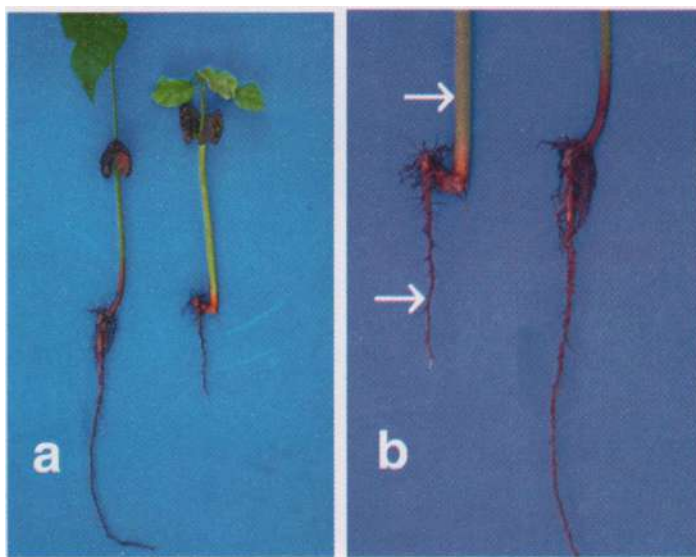


Figura 1 – Sintomas de vassoura-de-bruxa, 4 semanas após a inoculação das sementes: a – aspecto geral do sistema radicular de plântula sadia (esquerda) e infectada (direita); b – atrofia do sistema radicular (seta) e intumescimento do hipocótilo (seta) em plântula infectada comparada com plântula sadia.

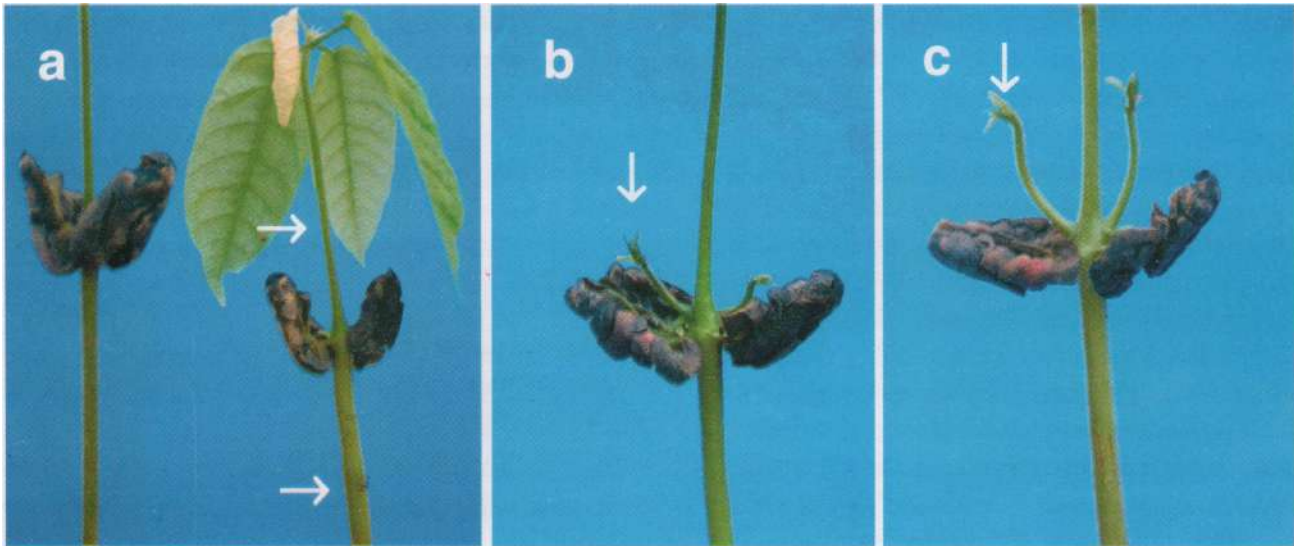


Figura 2 – Sintomas de vassoura-de-bruxa, 4 semanas após a inoculação das sementes: a – intumescimento do hipocótilo e atrofia do epicótilo (setas) em relação à plântula sadia (esquerda); b, c – hipertrofia do nó cotiledonar e formação de vassouras cotiledonares (setas).

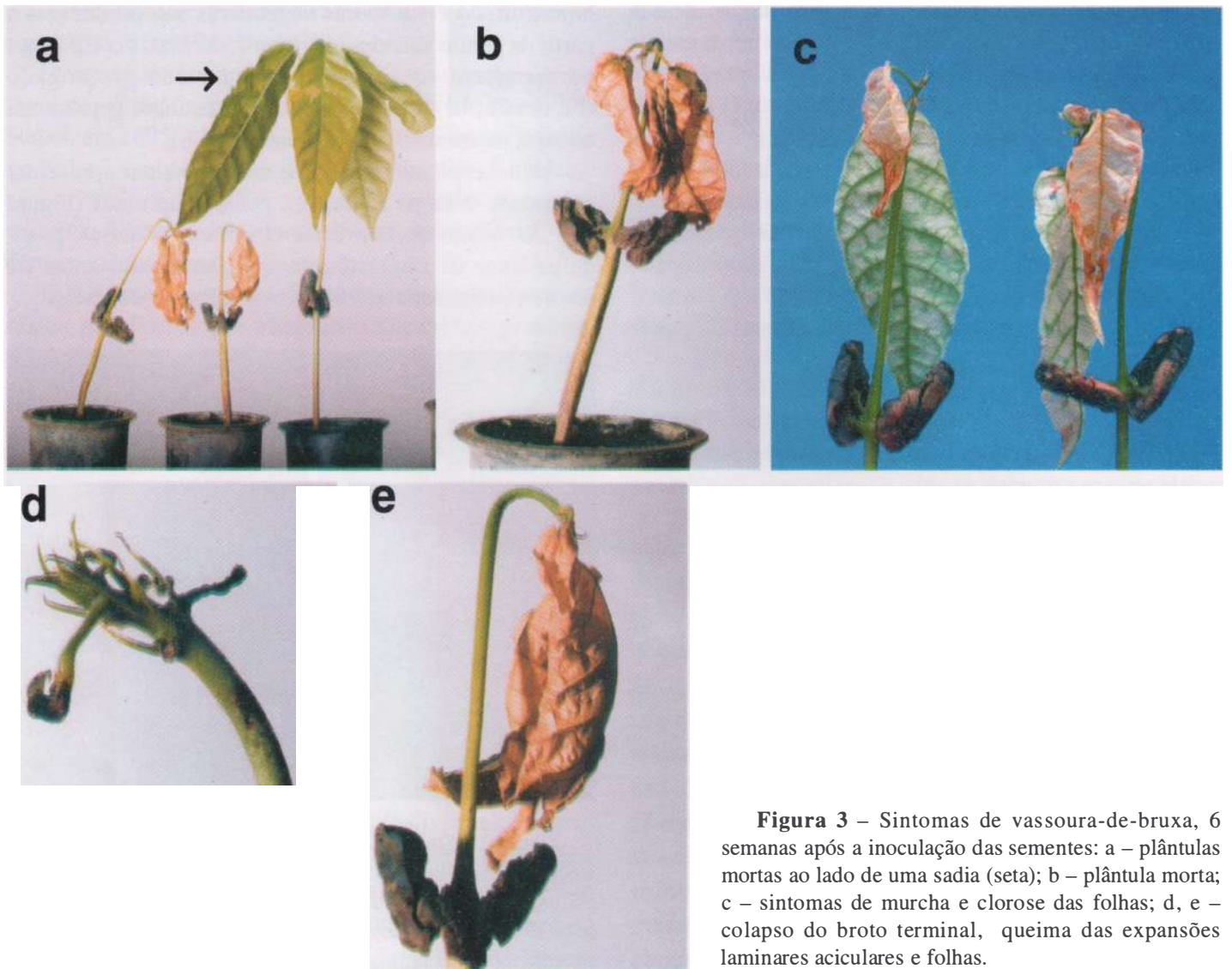


Figura 3 – Sintomas de vassoura-de-bruxa, 6 semanas após a inoculação das sementes: a – plântulas mortas ao lado de uma sadia (seta); b – plântula morta; c – sintomas de murcha e clorose das folhas; d, e – colapso do broto terminal, queima das expansões laminares aciculares e folhas.

Sintomas em plântulas inoculadas artificialmente

Em decorrência de inoculações artificiais com uma suspensão de 75.000 basidiósporos/ml, realizadas através do sistema automatizado de inoculação, na gema apical de diferentes materiais genéticos nos estádios de primeiro e segundo lançamentos foliares, muitos tipos de sintomas foram observados e descritos a seguir:

Descoloração e intumescimento

Após 15 dias da inoculação, no ponto onde foi depositado o inóculo, apareceram os primeiros sintomas externos, na forma de descoloração e intumescimento da gema, causados por hipertrofia das células (Figura 4a).

Pode também ocorrer uma queima das expansões laminares aciculares que envolvem a gema apical, assemelhando-se a uma reação de hipersensibilidade. Neste último caso, dificilmente vassouras se desenvolvem a partir das gemas terminais.

Vassouras terminais e axilares

A deformação de uma gema apical, na forma de alongamento e engrossamento, resulta na formação de uma vassoura terminal (Figura 4b), que continua a desenvolver-se, apresentando também intumescimento dos pecíolos e pulvinos das folhas. A partir das axilas das folhas há uma proliferação de brotações, dando

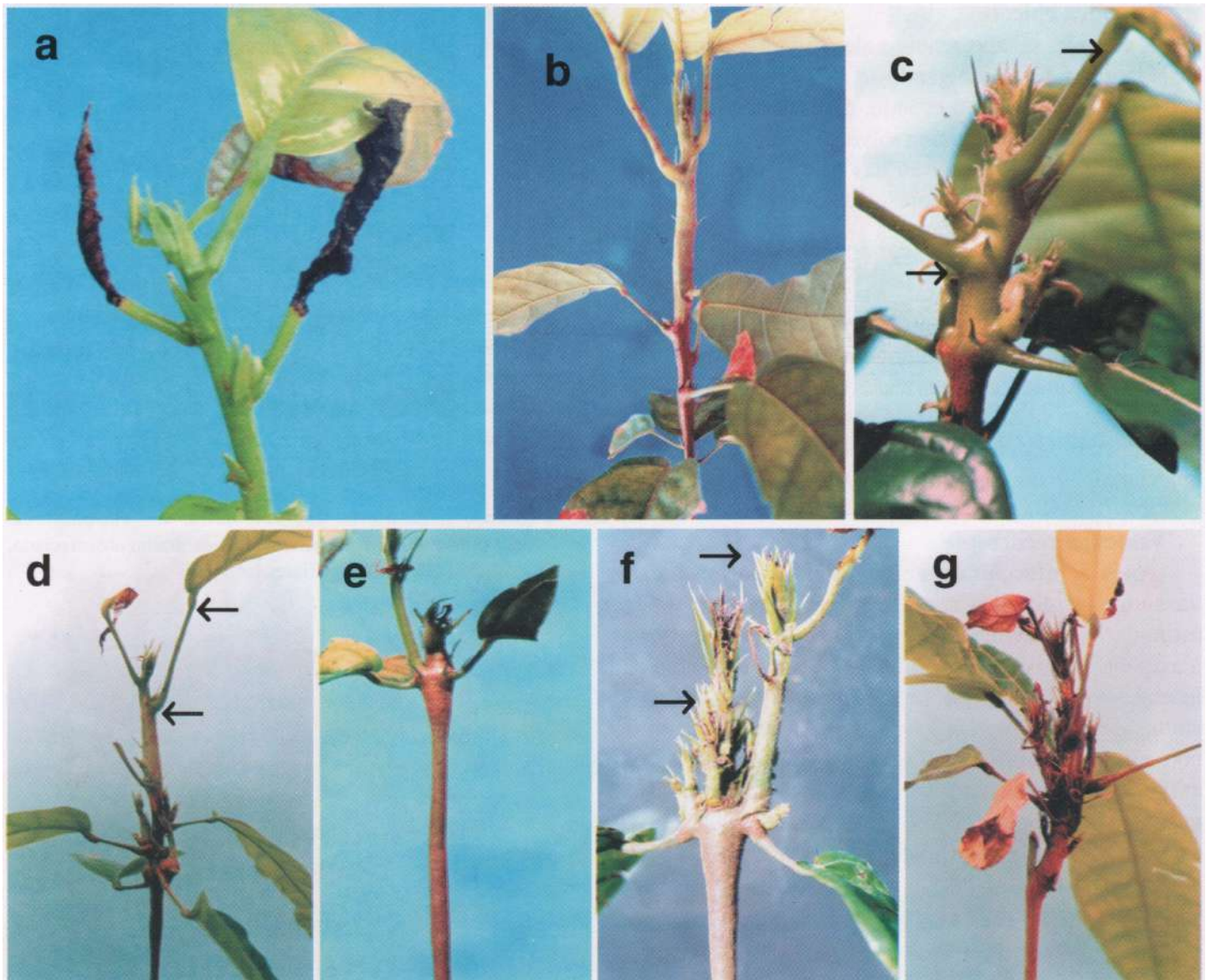


Figura 4 – Sintomas de vassoura-de-bruxa em plântulas inoculadas artificialmente no segundo lançamento foliar: a – descoloração da gema e queima das folhas que envolvem a gema apical; b – intumescimento da gema terminal com formação de vassoura; c, d – vassouras terminais e axilares, com intumescimento de pecíolos e pulvinos (setas); e – atrofia da gema terminal e intumescimento da base da gema; f – atrofia da gema terminal com formação de vassouras axilares e intumescimento das expansões laminares aciculares no ápice das gemas axilares que se desenvolvem (setas); g – sintomas similares observados em plântulas naturalmente infectadas em viveiro, já em processo de secamento.

origem a vassouras axilares de diferentes tamanhos, que continuam a proliferar lateralmente (Figura 4c, d). As folhas destas vassouras, apresentam-se geralmente cloróticas.

Em algumas ocasiões, no ponto da infecção, ocorre a atrofia da gema terminal e o intumescimento abaixo do ponto inoculado. Estranhas deformações são geradas, com uma ou mais vassouras, partindo das axilas das folhas já existentes no momento da inoculação (Figura 4e). As vassouras axilares proliferam lateralmente e as expansões laminares aciculares também proliferam e persistem no ápice das gemas (Figura 4f). Sintomas semelhantes foram observados em mudas de cacau mantidas em casa-de-vegetação e infectadas naturalmente (Figura 4g).

Vassoura chicote

A gema apical apresenta-se alongada, algumas vezes mais larga na base, adelgando-se até o ápice; em outras ocasiões o diâmetro é o mesmo, da base até o ápice; as gemas axilares não se desenvolvem ou o crescimento é restrito; no local da abscisão das folhas, forma-se uma cicatriz; a gema apical apresenta um grupo denso de expansões laminares aciculares geralmente maiores que o normal e persistentes. As expansões laminares aciculares podem apresentar-se acompanhadas de folhas pequenas e cloróticas (Figura 5a, b). Mudanças em casa-de-vegetação, apresentaram também pequenas vassouras axilares, partindo das cicatrizes foliares (Figura 5c). As plântulas com vassoura chicote podem recuperar-se após o secamento das mesmas e apresentar um crescimento aparentemente normal (Tovar, 1991; Rudgard, 1989).

Vassoura recorrente

Após a infecção da gema apical e formação de vassoura terminal, a remoção desta vassoura pode estimular o aparecimento de uma vassoura lateral oposta à axila de uma das folhas pré-existentes no momento da inoculação. Anteriormente, neste ponto, não havia qualquer sintoma externo da infecção. Essas vassouras laterais normalmente são vigorosas e com numerosas brotações axilares. As folhas que se originam a partir dessas vassouras, apresentam intumescimento de pulvinos, pecíolos, clorose e outras deformações (Figura 6).

Alongamento da gema terminal

Em alguns genótipos, após a inoculação da gema terminal no segundo lançamento foliar das plântulas ou após infecção natural no viveiro, há um alongamento exagerado dos internódios e um crescimento acentuado das plântulas em relação as demais (Figura 7a, b). O micélio do patógeno foi observado no espaço intercelular, quando cortes transversais manuais foram feitos nessas regiões de alongamento (J.L. Bezerra, comunicação pessoal).



Figura 5 – Vassouras tipo chicote: a, b – em plântulas inoculadas artificialmente; c – em plântula naturalmente infectada, com formação de vassouras axilares (seta).



Figura 6 – Vassoura recorrente.

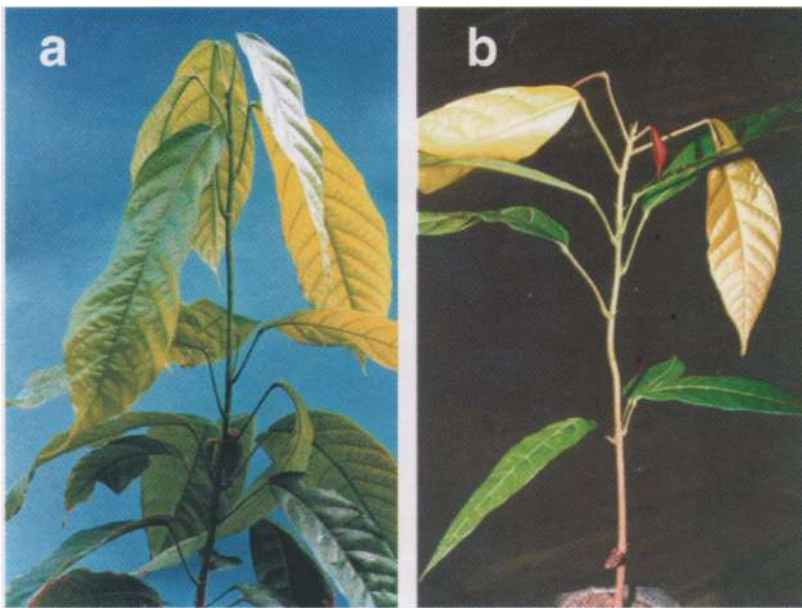


Figura 7 – Alongamento da gema terminal: a – em plântula inoculada artificialmente; b – em plântulas naturalmente infectada.

Superbrotamento

É observado também em alguns genótipos o desenvolvimento de internódios curtos a partir do ponto inoculado ou do ponto infectado naturalmente. As folhas desenvolvidas em cada um desses internódios dão ao broto terminal um aspecto de superbrotamento (Figura 8a, b).

Tanto no caso de alongamento da gema como no de superbrotamento, as plântulas podem retornar o seu desenvolvimento normal e não apresentar mais sintomas de vassoura-de-bruxa. Estes sintomas podem ser considerados como reações de resistência.

Intumescimento e encurvamento das hastes

Plântulas inoculadas podem não apresentar sintomas na gema apical, mas pode-se observar nas hastes a formação de zonas intumescidas (Figura 9a, b) tanto acima como abaixo do nó cotiledonar. Em algumas ocasiões, quando o intumescimento não é tão proeminente, é possível sentir pelo tato, a formação desses nódulos internos. Em outros casos, o intumescimento pode ser seguido do encurvamento das hastes, dando aspectos grotescos às plântulas (Figura 9c).



Figura 8 – Superbrotamento: a – internódios curtos causando superbrotamento em alguns genótipos de cacaueiro inoculados artificialmente; b – internódios curtos causando superbrotamento em alguns genótipos de cacaueiro em plântulas, em viveiro, naturalmente infectadas.

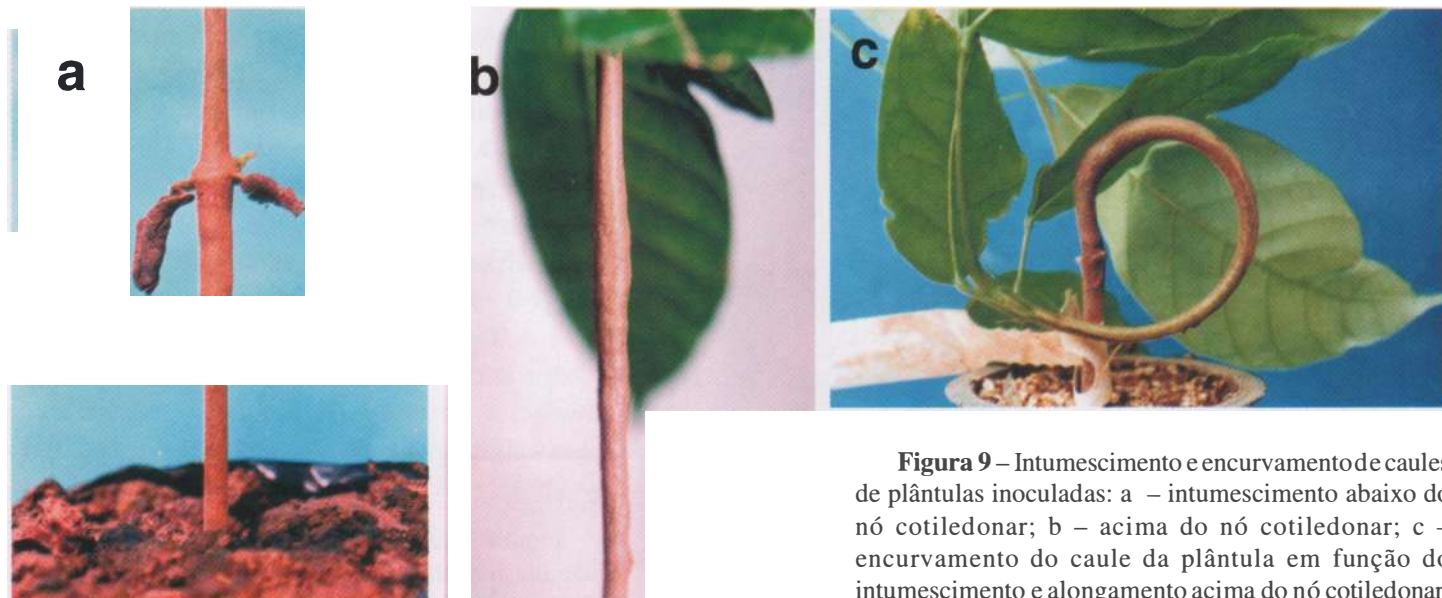


Figura 9 – Intumescimento e encurvamento de caules de plântulas inoculadas: a – intumescimento abaixo do nó cotiledonar; b – acima do nó cotiledonar; c – encurvamento do caule da plântula em função do intumescimento e alongamento acima do nó cotiledonar.

Cancro

As hastes intumescidas podem apresentar fendilhamento na casca que se desprende, expondo pequenas porções do lenho (Figura 10a, b, c). A partir desses cancrios, podem surgir novas vassouras nas plantas, principalmente quando eles ocorrem abaixo da gema cotiledonar (Figura 10b).

Vassouras secas

Dependendo das condições climáticas que as plântulas foram submetidas, aos 2 meses da inoculação artificial, o secamento das folhas nas vassouras tem início,

no sentido do ápice para baixo (Figura 11a). A vassoura terminal e as axilares começam a mudar a coloração de verde para castanho acobreado (Figura 11b, c), mas com aspecto túrgido até a seca completa, que ocorre no máximo em uma semana (Figura 11d). Em mudas pode-se verificar também o secamento de vassouras mais velhas, enquanto as formadas mais recentemente permanecem verdes (Figura 11e, f).

As vassouras secas de plântulas produzem basidiomas, quando submetidas às mesmas condições das vassouras de plantas adultas com períodos intercalados de seca e molhamento.

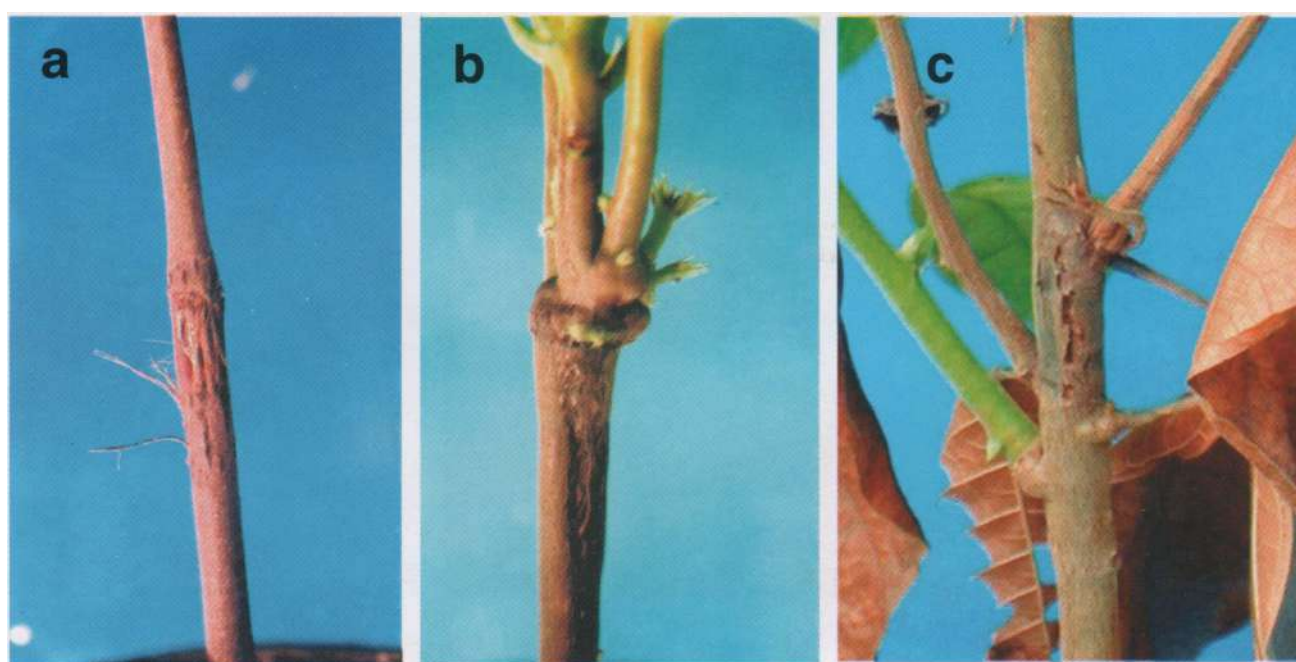


Figura 10 – Cancro: a, b – em plântulas inoculadas; c – em enxertos, cujo ponto apical foi inoculado.

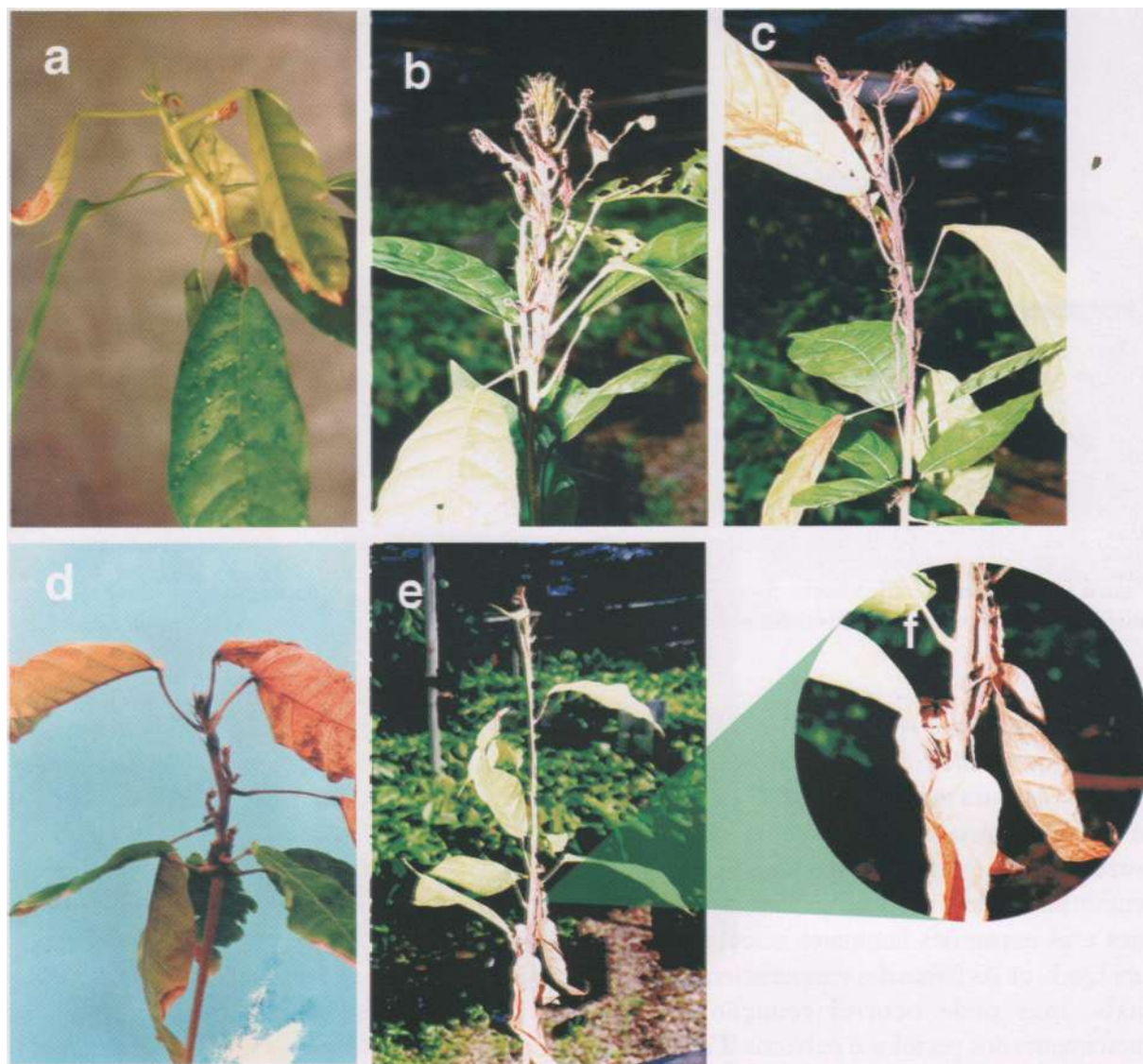


Figura 11 – Vassouras secas em plântulas: a – vassoura em plântula secando do ápice para baixo; b, c – mudança de coloração no início do secamento; d – vassoura completamente seca; e – vassoura mais antiga secando enquanto a outra (chicote) permanece verde; f – detalhe da seca parcial da vassoura.

Vassouras cotiledonares

Embora a inoculação seja feita na gema apical das plântulas, é relativamente comum que vassouras cotiledonares sejam formadas predominantemente em alguns genótipos. Essas vassouras podem ocorrer isoladamente ou concomitantemente com outros sintomas (Figura 12a). A partir do nó cotiledonar, surgem brotações laterais (Figura 12b) ou com hipertrofia (Figura 12c). O próprio cotilédone pode permanecer aderido na haste, mostrando deformação e superbrotamento de gemas.

II. Sintomas em plantas adultas

O tipo de sintoma apresentado depende do estágio do tecido em desenvolvimento ao ser infectado e da natureza

fenológica do mesmo. O cacaueiro tem um hábito de ramificação dimórfico (Pyke, 1934). O caule e os chupões que se desenvolvem a partir de gemas localizadas no caule são ortotrópicos, isto é, crescem verticalmente e têm as folhas dispostas em espiral. Os ramos da copa do cacaueiro, formados a partir da forquilha, são plagiotrópicos, seu crescimento forma ângulos de 0 a 60° da horizontal e as folhas são dispostas alternadamente, em forma de leque (Toxopeus, 1985). Nos dois tipos de ramificações existem gemas em cada axila foliar.

Dependendo das condições climáticas e da disponibilidade de inóculo na área, qualquer ponto de crescimento poderá ser infectado pelo patógeno. A penetração de *C. pernicioso* se efetua na base de uma gema apical ou axilar, por um nó ou internódio em crescimento ativo, estimulando a formação de um broto hipertrofiado, que se constitui em uma vassoura vegetativa.

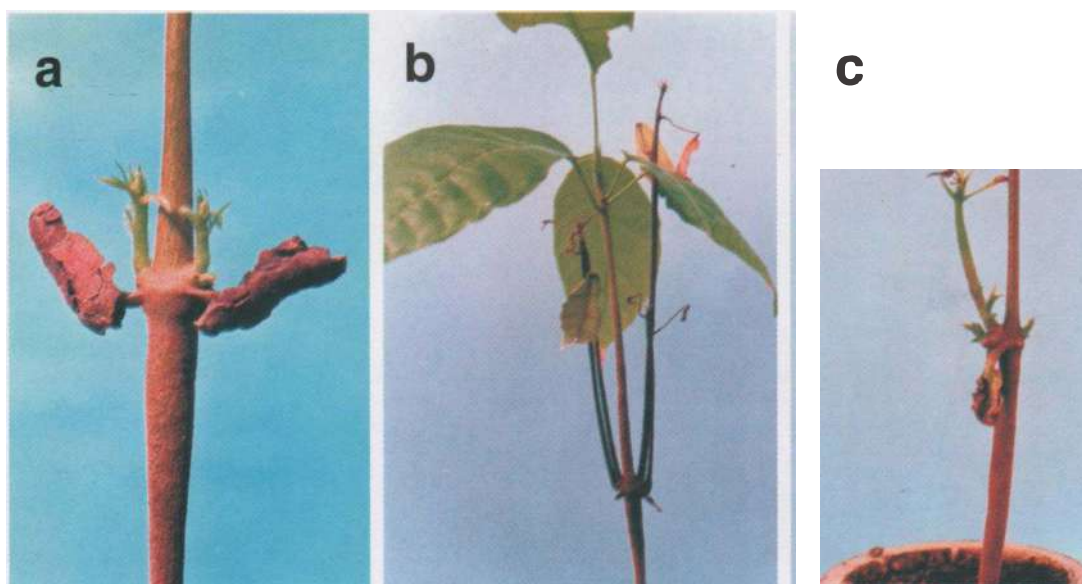


Figura 12 – Vassouras cotiledonares: a – com intumescimento do hipocótilo; b – superalongamento dos brotos laterais formados no nó cotiledonar; c – permanência do cotilédono aderido e proliferação de gemas axilares, infectadas e intumescidas.

Vassoura terminal típica

A infecção no início da atividade de uma gema apical causa uma vassoura terminal típica. O eixo principal da gema apical aparece intumescido com cerca de duas a três vezes o diâmetro de um ramo normal, os nós foliares aumentam em número e os internódios encurtam, as gemas axilares e as expansões laminares aciculares proliferam (Figura 13a, b, c). As folhas das vassouras terminais parecem normais, mas pode ocorrer redução do limbo e intumescimento dos pecíolos e pulvinos (Figura 13d, e, f). A coloração das folhas é de uma tonalidade de verde mais clara do que as folhas normais e elas podem se apresentar curvadas ou retorcidas (Figura 13a).

As vassouras terminais em ramos plagiotrópicos podem tomar aspectos diferentes como o de um candelabro hebreu (Monahah) com os galhos pendentes para baixo devido ao peso das vassouras, em consequência da proliferação e do intumescimento das gemas laterais (Figura 14a, b).

Quando a infecção ocorre na gema terminal de ramos plagiotrópicos de materiais resistentes, o intumescimento do eixo principal é menor, notando-se o encurtamento dos internódios e a proliferação dos nós. Porém, o desenvolvimento das brotações se apresenta normal e os galhos afetados não secam (Figura 14c, d).

Infecções tardias na gema terminal podem provocar hipertrofia em parte do eixo principal, porém, o broto terminal se desenvolve vigoroso a partir do ponto infectado. Este pode ser um tipo de desenvolvimento percurrente da planta (Figura 14e, f). Nos tecidos que apresentam certo grau de resistência, a hipertrofia é quase imperceptível (Figura 14g) e a formação da casca ocorre.

prematuramente. Pode haver formação de pequenas vassouras axilares e as folhas apresentam pecíolos mais espessos (Figura 14h, i). Estas vassouras têm a tendência de secar prematuramente, caindo logo em seguida.

As vassouras terminais levam em média 7 e meia semanas para secar, dependendo da localização na copa, do tamanho das mesmas e da época do ano, este período pode variar de 3 a 15 semanas (Luz et al., 1994). O secamento tem início do ápice para a base com as folhas apresentando primeiramente perda de turgidez, murchando, retorcendo-se ou encurvando, e tornando-se marrons (Figura 15a, b). Todo o tecido infectado morre e seca, tornando-se marrom e posteriormente preto. As folhas permanecem aderidas aos ramos secos por um período de tempo variável, mas caem antes das vassouras (Figura 15c).

Vassouras terminais ortotrópicas

Dependendo do local e da suscetibilidade dos tecidos da planta, a infecção pode ser tão severa que resulta na morte da gema terminal. A infecção pode progredir para as gemas laterais, formando um superbrotamento de vigorosas vassouras axilares com expansões laminares aciculares e folhas pequenas e cloróticas, que tornam-se necróticas posteriormente. Neste local, as folhas que aparentemente parecem normais, apresentam intumescimento no pecíolo e pulvino (Figura 16a).

No campo e em condições inadequadas de sombreamento, as plantas jovens quando são infectadas na gema apical, apresentam um intumescimento no eixo principal, a partir do ponto de infecção, formando uma vassoura terminal. Em todo o comprimento dessa



Figura 13 – Vassouras terminais em plantas adultas – ramos plagiotrópicos: a, b – encurvamento do eixo principal em função da hipertrofia e redução da lâmina das folhas; c – redução dos internódios e proliferação de gemas axilares e das expansões laminares aciculares; d, e, f – intumescimento de pulvinos e pecíolos foliares.

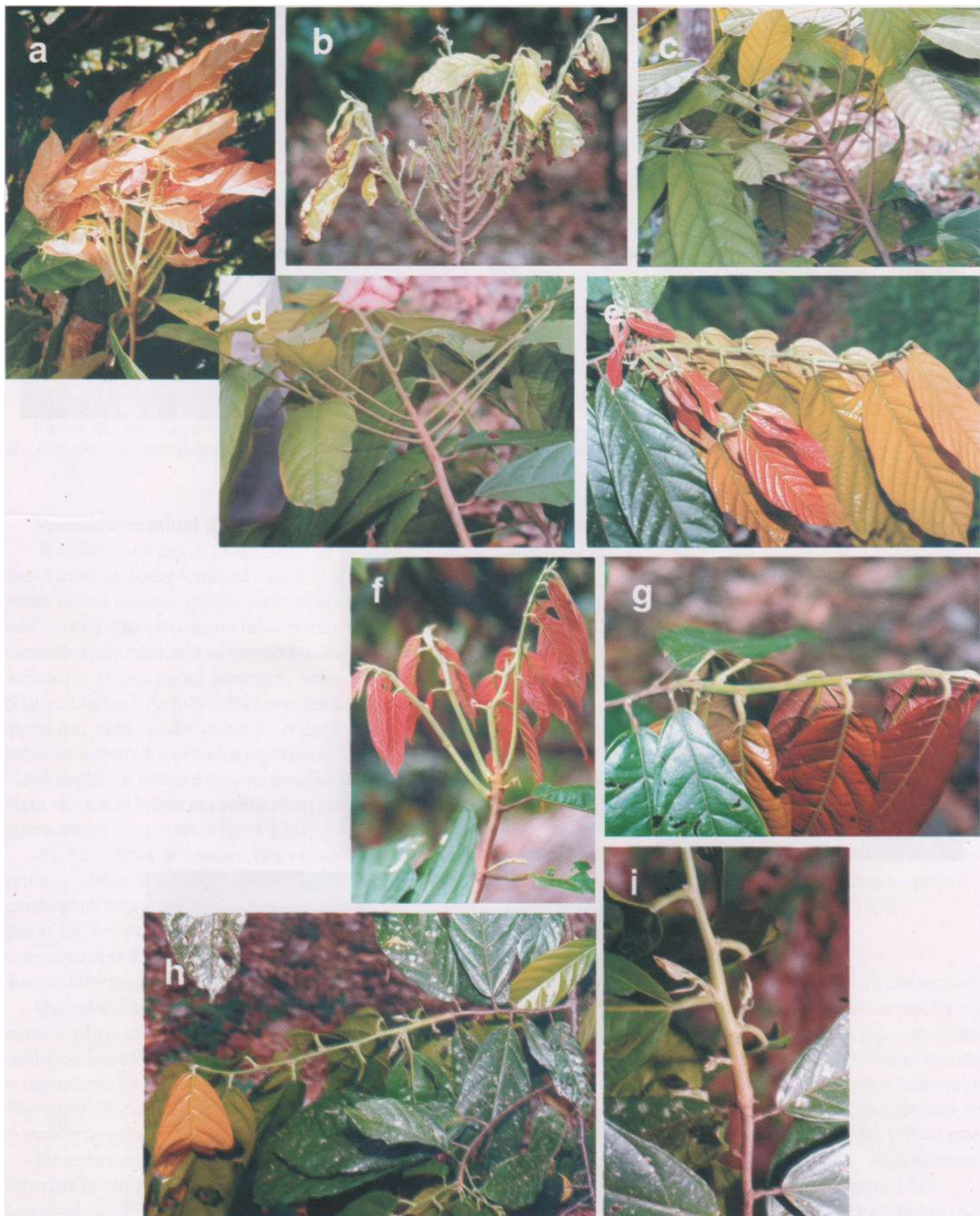


Figura 14 – Vassouras terminais e intercalares em plantas adultas – ramos plagiotrópicos: a, b – vassoura “candelabro” em material suscetível; c, d – mesmo tipo de infecção em material resistente; e, f – infecções tardias no eixo principal de ramos suscetíveis; g, h, i – em ramos de material resistente.

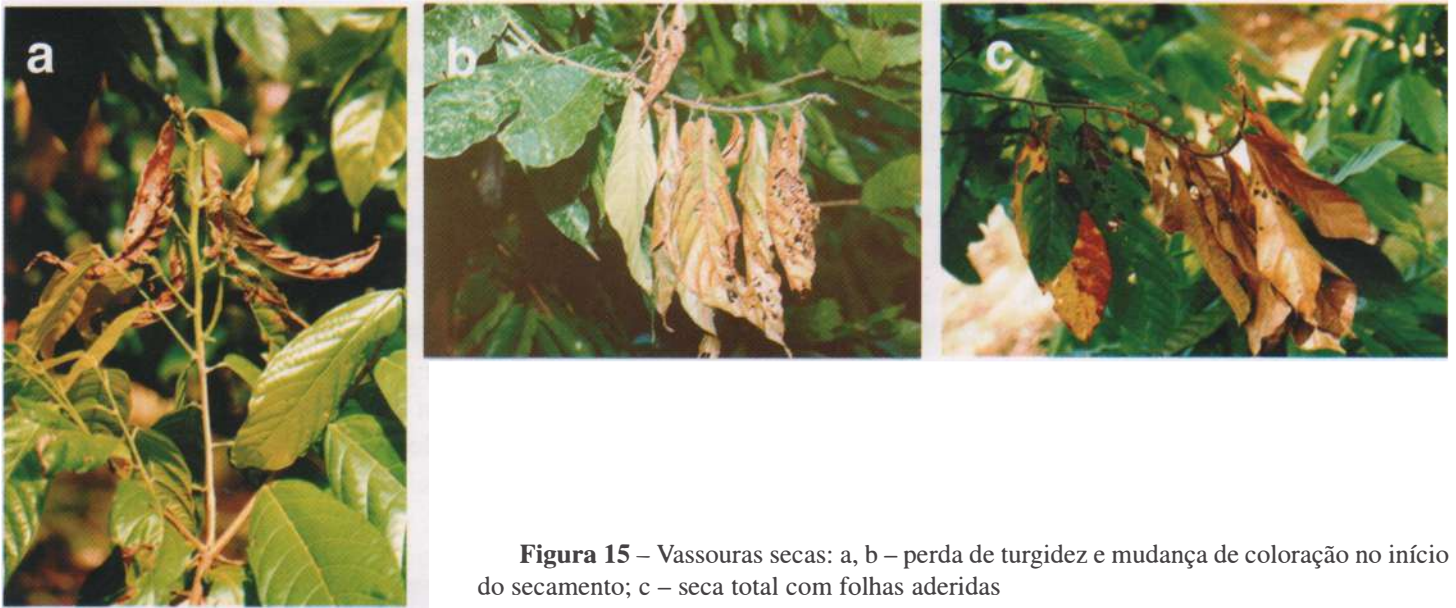


Figura 15 – Vassouras secas: a, b – perda de turgidez e mudança de coloração no início do secamento; c – seca total com folhas aderidas

vassoura há formação de um grupo denso de expansões laminares aciculares, que começam a secar do ápice para a base. As expansões laminares aciculares também podem ocorrer mais densamente no ápice do eixo principal, e, ao longo deste, proliferar vigorosas vassouras axilares (Figura 16b, c). Essas vassouras assemelham-se as vassouras chicotes formadas em plântulas, com a exceção que nestas não há recuperação da planta, levando ao secamento e morte do broto terminal.

Necrose da gema apical e folha

Infecções severas que podem ocorrer na gema apical, levam esta à necrose e morte. Esta infecção, no entanto, pode progredir para baixo, produzindo intumescimento na área envolvida e morte do tecido, formando um cancro, na forma de secamento e fendilhamento da casca. As vassouras axilares que se formam não se desenvolvem e necrosam-se rapidamente. Os pecíolos e pulvinos das folhas apresentam intumescimento com deformações acentuadas, seguidas de necrose (Figura 16d).



Figura 16 – Vassouras terminais em ramos ortotrópicos: a – infecção na forquilha da planta com proliferação de vassouras axilares e infecção nos ramos em formação (seta); b - infecção da gema apical com intumescimento e proliferação das expansões laminares aciculares; c – mesmo que em b, com formação de vassouras axilares (seta); d – necrose e colapso da gema apical.

Vassoura axilar

A penetração do fungo em gemas axilares pode estimular a produção de brotos intumescidos ou vassouras axilares, com folhas jovens retorcidas e perda de turgidez (Figura 17a), que podem, muitas vezes, estar associados a cancos (Figura 17b). Essas folhas aparentemente normais, apresentam o pulvino e o pecíolo intumescidos. Num estágio mais avançado, a vassoura começa a necrosar e as folhas mais jovens, em sua maioria secam (Figura 17c). Na vassoura axilar necrosada, as folhas começam a secar do ápice em direção ao ponto de inserção da folha no ramo, onde pode ocorrer cancro na base do pecíolo (Figura 17d).

Cancro do pecíolo foliar

A infecção quando ocorre nos pecíolos e/ou pulvinos das folhas, produz um intumescimento formando um ângulo de 90 graus ou mais entre o limbo da folha e a haste do ramo (Figura 18a), que pode necrosar os tecidos do pulvino, causando a morte da folha sem contudo provocar sua abscisão (Figura 18b), formando um cancro peciolar.

Vassouras de almofada floral

A penetração do fungo na almofada pode ser feita através da flor, a qual necrosase hipertrofiar, permanecendo aderida à almofada ou através do ovário fecundado dando origem a frutos partenocarpicos. Quando uma almofada floral é



Figura 17 – Vassouras axilares: a – infecção de gema axilar de ramo sadio; b – cancro do pecíolo foliar, dando origem a vassoura axilar (seta); c – início de necrose em vassoura formada na axila de uma folha com intumescimento de pecíolo e pulvino; d – vassoura axilar seca com formação de cancro.



Figura 18 – Cancro do pecíolo foliar: a – ângulo anormal das folhas infectadas em relação às saudáveis (setas); b – morte e seca sem abscisão das folhas e formação de cancro na haste do ramo (seta).

infectada, a hipertrofia resulta na produção de brotos vegetativos e flores anormais, conhecidas como flores consteladas. A toda esta estrutura, denomina-se vassoura de almofada. As vassouras deste tipo podem variar consideravelmente de aparência e tamanho.

a) Vassoura de uma única flor - A infecção de uma flor causa seca progressiva a partir da pétala até a base do pedicelo. A flor não aparenta hipertrofia e não ocorre abscisão (Figura 19a).

b) Vassoura de almofada floral simples - As flores infectadas apresentam os pedicelos grossos, geralmente de cor verde e com pétalas maiores (Figura 19b). O ovário pode sofrer um ligeiro intumescimento. Uma única almofada pode produzir várias flores e frutos, que ficam presos pelo pedúnculo e eventualmente secam (Figura 19c, d).

c) Vassoura de almofada floral composta - As flores que são produzidas em pedicelos compostos ramificados, apresentam um intumescimento acentuado nestes (Figura 19e).

d) Vassoura vegetativa de almofada floral - Uma almofada floral infectada pode estimular o aparecimento de brotos. Esses brotos tem características morfológicas anormais similares as vassouras vegetativas (Figura 20a, b). O tamanho da vassoura depende do vigor e grau de infecção da almofada floral e de fatores genéticos do cacaueiro (Figura 20c, d). As vassouras de almofada podem apresentar flores, frutos tipos morango e cenoura, e, vassouras vegetativas vigorosas (Figura 20e,f). Após a necrose, o conjunto permanece preso ao caule da planta (Figura 20g).



Figura 19 - Vassouras de almofada: a - de uma flor; b - simples, flores com pedicelos não mumificados, intumescidos e flores secas, sem vassouras vegetativas; c - mistas, com flores, frutos infectados e formando uma almofada infectada; d - seca; e - vassoura de almofada floral composta, flores com pedicelos ramificados e vassouras vegetativas.



Figura 20 – Vassouras de almofada floral mistas: a, b, c – almofadas florais com flores e brotos desenvolvendo-se; d – broto infectado, saindo da almofada floral; e – vassoura vegetativa e frutos morango nas mesmas almofadas; f – almofada com flores e frutos infectados verdes; g – almofadas secas e aderidas ao caule.

III. Sintomas em frutos

Os sintomas variam de acordo com a idade e o tamanho dos frutos quando infectados e também quanto ao modo de infecção. Segundo Stahel (1915), existem dois tipos de infecção: indireta – por micélio, através do pedicelo de flores infectadas; direta – por basidiósporos, através da epiderme.

Infecção indireta - Frutos jovens (bilros)

a) Fruto morango - As infecções nas almofadas florais, oriundas de ovários hipertrofiados de flores individuais ou compostas, induzem a formação de frutos abortivos partenocárpicos, que podem ser arredondados em forma de “morango” e alcançar um crescimento de 4 a 8 cm (Figura 21a, b). Normalmente, o pedicelo aparece hipertrofiado seguido de necrose (Figura 21b). Os frutos morangos tem o seu crescimento paralisado e morrem após quatro a seis semanas, tornando-se negros e petrificados quando secos (Figura 21c).

b) Fruto cenoura – As flores de almofadas florais infectadas podem apresentar pedicelos hipertrofiados de forma alargada e de aparência normal. Os frutos oriundos dessas flores, tomam a forma cilíndrica com as extremidades se estreitando gradualmente, dando a forma característica de uma cenoura e pode alcançar um crescimento de 10 a 15 cm (Figura 22a). As sementes desses frutos estão presentes apesar de seus cotilédones serem normalmente aquosos. À paralisação do crescimento, segue-se a necrose do fruto que avança rapidamente sobre toda a superfície (Figura 22b).

Infecção direta

a) Frutos jovens - Frutos mais desenvolvidos com aproximadamente 8 cm de comprimento, apresentam externamente nas áreas infectadas uma lesão negra, dura e irregular (Figura 23a). Esses frutos, quando abertos, internamente apresentam as amêndoas cobertas pelo micélio do patógeno e aderidas entre si, tornando-as inaproveitáveis.

b) Frutos desenvolvidos – Os sintomas em frutos infectados após as primeiras semanas de desenvolvimento são muito variados e dependem do genótipo da planta, da idade do fruto e da época da infecção. Quando esta ocorre no início da maturação, uma ou mais lesões necróticas e irregulares aparecem, uma a treze semanas após a penetração do fungo (Figura 23b). Em alguns frutos, parte das amêndoas podem ser aproveitadas para o beneficiamento, entretanto não podem ser utilizadas para o plantio.

Na casca dos frutos mais desenvolvidos, uma ou várias lesões necróticas escuras e irregulares, podem aparecer circundadas por uma zona amarelada (Figura 23c, d). Também podem surgir deformações, com setores abaulados causados pela hipertrofia das células do pericarpo (Figura 23e). Na casca dos frutos verdes, aparecem lesões necróticas (Figura 24a) zonas de maturação precoce amareladas (Figura 24b, c, d), ou pequenas lesões deprimidas (Figura 24e). Internamente, a casca apresenta pontos necróticos de diferentes tamanhos (Figura 24f).



Figura 21 – Frutos morangos: a – verde; b – verdes e secos; c – mumificado.



Figura 22 – Frutos cenoura: a – verde e seco preso a almofada floral; b – mumificado.



Figura 23 – Lesões causadas por *Crinipellis pernicioso* em frutos em desenvolvimento: a – frutos jovens com lesões necróticas (seta) e zona deformada (seta); b – lesões necróticas e irregulares e amadurecimento precoce; c, d – lesões necróticas circundadas por halos amarelados; e – deformação e lesão necrótica em fruto.



Figura 24 – Lesões em frutos em desenvolvimento: a – lesões cloróticas em frutos verdes; b, c, d – zonas de maturação precoce em frutos verdes; e – pequenas lesões necróticas deprimidas; f – infecção interna em frutos, com liquefação da mucilagem.

Frutos aparentemente sadios, próximos à maturação, podem apresentar lesões com bordas irregulares, necróticas e fortemente deprimidas. Essas lesões podem aparecer na base do fruto ou próxima ao pedúnculo (Figura 25 a) na parte mediana ou cobrir uma zona ampla desde a metade do fruto até o ápice (Figura 25b). No local dessas lesões, internamente, encontra-se o fungo colonizando toda a placenta, deformando e necrosando as amêndoas e tornando a mucilagem líquida com hidrólise dos cotilédones. Algumas sementes apresentam seus cotilédones intactos de cor violeta.

Quando os frutos verdes são infectados bem próximo à maturação, já completamente desenvolvidos, podem apresentar na casca manchas aquosas na forma de um mosqueado e pontuações negras (Figura 25c). As manchas aquosas progridem e coalescem. Abaixo destes pontos, quando a epiderme é retirada longitudinalmente, encontram-se pontos necróticos (Figura 25d). No interior do fruto, em corte transversal (Figura 25e), também se observa os pontos necróticos com hidrólise das amêndoas.

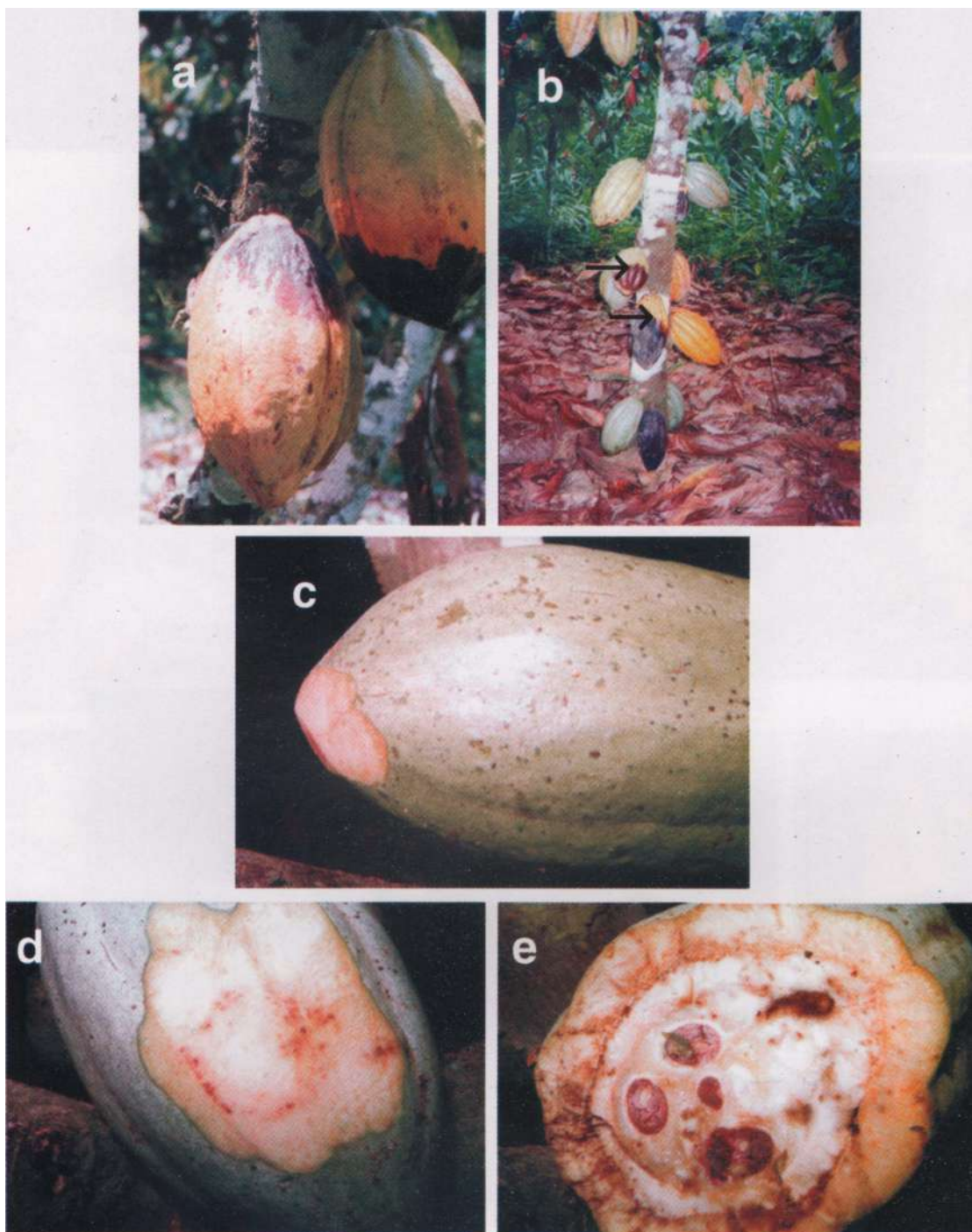


Figura 25 – Lesões em frutos próximo a maturação: a – lesões próximas a base ou do ápice do fruto; b – lesões extensas, deprimidas e irregulares em frutos quase maduros (setas); c – pontuações negras na casca de fruto verdeoengo; d, e – aspecto interno da casca do fruto em corte tangencial (d) e transversal (e).

IV. Aspecto das amêndoas infectadas e secas

As sementes podem ser infectadas pelo *C. pernicioso* através dos frutos e o seu aproveitamento se dá de acordo com o estágio de desenvolvimento em que o fruto foi infectado. O fungo coloniza primeiramente os tecidos internos dos frutos e quando os sintomas externos aparecem, as sementes já estão imprestáveis para o consumo, pois se apresentam invadidas pelo micélio e fortemente aderidas entre si, não se separando como nos frutos normais. Quando elas secam é possível ver a massa micelial unindo-as (Figura 26).



Figura 26 – Aspecto de sementes de frutos após a secagem.

V. Produção de basidioma

O fungo *C. pernicioso* é homotático e possui duas fases genética e morfológicamente diferentes, no seu ciclo de vida: a primeira, que é a fase biotrófica, a colonização é rápida, iniciando-se nos tecidos novos em crescimento do cacaueiro, de onde o fungo obtém nutrientes das células vivas, causando intumescimentos, superbrotações e outras anomalias; a segunda é a fase necrotrófica, onde os tecidos apresentam-se necrosados e mortos, em consequência do parasitismo desenvolvido pelo fungo no seu estágio anterior. É nesta fase que aparecem os basidiomas formadores de basidiósporos,

que são as estruturas capazes de induzir e disseminar a doença.

Todas as partes infectadas, após secarem e passarem por um período de dormência, que é variável, dependendo do órgão afetado, do seu volume e da sua localização na copa do cacaueiro, abrigam a fase necrotrófica do fungo e podem produzir basidiomas. As vassouras vegetativas, levam em média, 21 semanas desde a sua formação até a produção de basidiomas. Este período engloba 2 fases: da formação ao secamento – 8 semanas; e a fase de dormência do secamento ao início da produção de basidiomas – 13 semanas (Luz et al., 1994). As vassouras podem permanecer produtivas por um período médio de 22 semanas (Luz et al., 1997). Sua produção de basidiomas depende, principalmente, da sequência de dias chuvosos seguidos de dias secos ou vice-versa. O número de basidiomas formados por vassoura depende das condições climáticas e da idade das vassouras. Almeida e Luz (1995) observaram a formação de maior número de basidiomas por vassoura e maior número de dias de produção de basidiomas nos meses mais frios do ano (maio a agosto), quando o número de horas com temperatura menor do que 22 °C e umidade relativa superior a 90% são maiores que no restante do ano. Um basidioma pode manter-se ativo durante 5 dias em média, liberando milhões de esporos nas primeiras horas do dia durante a sua vida útil.

Nas vassouras vegetativas secas os basidiomas formam-se tanto no ramo (Figura 27a), quanto nas folhas secas (Figura 27b), saindo tanto das nervuras, como de ambas as faces do limbo foliar. Estas folhas podem estar soltas ou ligadas à vassoura.

Os frutos são uma importante fonte de inóculo (Gramacho et al., 1993; Luz et al. 2002), pois produzem basidiomas em quantidades superiores e até com maior tamanho que aqueles formados nas vassouras na mesma ocasião. Frutos infectados, sejam morangos, cenouras ou frutos normalmente formados, mas atacados em qualquer fase de seu desenvolvimento, podem após o processo de secagem e mumificação, produzir basidiomas (Figura 27c, d, e, f). Frutos de desenvolvimento normal levam em média 3 semanas para secar e mais 8 semanas para produzir basidiomas, podendo levar até 24 meses em produção (Luz et al., 1994, 1997 e 2002). Tanto frutos inteiros, quanto frutos partidos (Figura 27h), amêndoas (Figura 27g) e cascas de frutos (Figura 27i) podem produzir basidiomas (Niella et al., 1997).

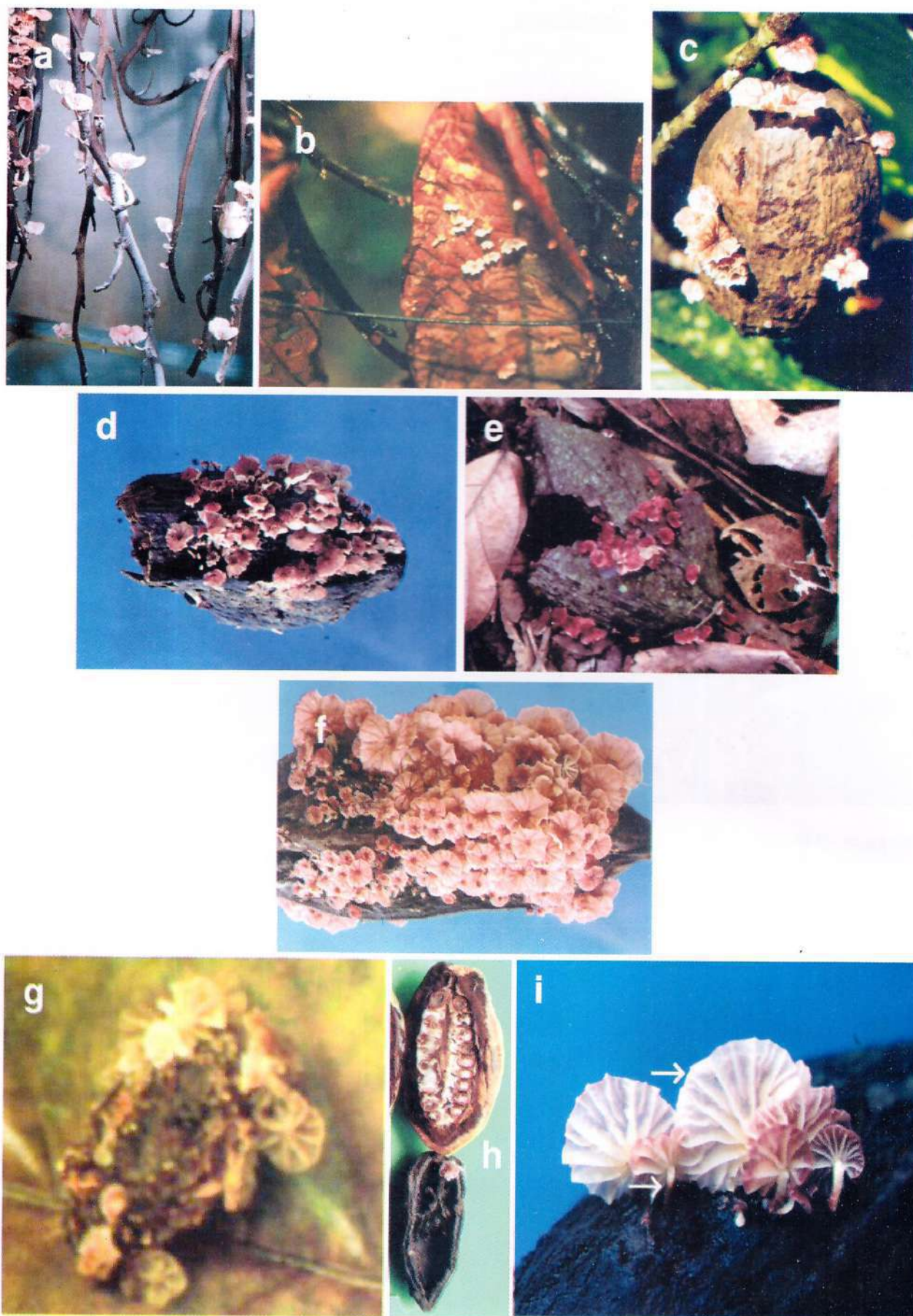


Figura 27 – Produção de basidiomas: a – em vassouras penduradas; b – nas folhas das vassouras penduradas; c, d, e, f – em frutos mumificados, suspensos no galho (c) ou no solo (d, e, f); g – em amêndoas; h – em frutos abertos; i – aspecto do himenóforo dos basidiomas maduros e imaturos (seta).

Literatura Citada

- ALMEIDA, H.A.; LUZ, E.D.M.N. 1995. Influência da chuva, temperatura e umidade relativa do ar na produção de basidiomas de *Crinipellis pernicioso*. Fitopatologia Brasileira 20 (Suppl.): 374 (Resumo 599).
- BAKER, R.E.D.; HOLLIDAY, P. 1957. Witches' broom disease of cacao (*Marasmius perniciosus* Stahel). Commonwealth Mycological Institute, Richmond. (Phytopathology Paper, 2). 42p.
- BASTOS, C.N. ; SILVA, H.M. e. 1980. Doenças do cacauero na Amazônia brasileira. Ilhéus, CEPLAC. Comunicado Técnico Especial nº 2:5-12.
- COSTA, J. de C.B. 1993. Progresso da vassoura-de-bruxa em órgãos vegetativos do cacauero em Altamira e Tomé-Açu, PA. Tese Mestrado. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa. 122p.
- DALE, W.T. 1946. Witches' broom disease investigations. XII: Further studies on the infection of cacao pods. Tropical Agriculture 23(12): 217-221.
- DALE, W. T. 1949. Witches' broom disease of cacao in Grenada. Tropical Agriculture 26(1): 23.
- EVANS, H.C. 1981. Witches' broom disease – a case study. Cocoa Growers' Bulletin nº 32:5-19.
- GRAMACHO, I.C.P.; MANDARINO, E.P.; MATOS, S.A. 1992. Cultivo e beneficiamento do cacau na Bahia. Itabuna, CEPLAC. 125p.
- GRAMACHO, K.P. et al. 1993. Frutos de cacau: importante fonte de inóculo da vassoura-de-bruxa no sudeste da Bahia. Fitopatologia Brasileira 18 (Suppl.):346 (Resumo 483).
- HOLLIDAY, P. 1952. Witches' broom disease of cacao (*Marasmius perniciosus* Stahel). London, H. M. Stationery Office 8 p. (Colonial, 286).
- LASS, R.A. 1985. Disease. In: Cocoa. Wood, G.A.R.; Lass, R. A.(eds.) 4 ed. London, Logman. pp 265-365.
- LAWRENCE, J.S.; CÂMPÊLO, A.M.F.L.; FIGUEIREDO, J.M. 1991. Enfermidades do cacauero. III. Doenças fúngicas, vasculares e radiculares. Agrotrópica (Brasil) 3(2):65-73.
- LUZ, E.D.M.N.; MACHADO, R.C.M.; ALMEIDA, H.A. 1994. Períodos de incubação, secamento de vassouras, produção de basidiomas e atividade de *Crinipellis pernicioso* em ramos e frutos de cacauero na Bahia. Fitopatologia Brasileira 19 (Suppl.):341 (Resumo 463).
- LUZ, E.D.M.N. et al. 1997. Cacau (*Theobroma cacao* L.) controle de doenças. In: Vale, F.X.R. do; Zambolim, L (eds.). Controle de doenças de plantas. pp 611-655.
- LUZ, E.D.M.N.; ALMEIDA, F.A. 2002. Contribuição da esporulação em frutos na epidemiologia da vassoura-de-bruxa do cacauero. Fitopatologia Brasileira 27 (Suppl.): 5128 (Resumo 342).
- NIELLA, G.R. et al. 1997. Esporulação de *Crinipellis pernicioso* em frutos e sementes de cacau (*Theobroma cacao* L.) no Sudeste da Bahia. Agrotrópica (Brasil) 9(3):135-140.
- PEGLER, D.N. 1978. *Crinipellis pernicioso* (Agaricales). Kew Bulletin 32:731-736.
- PEREIRA, J.L. M. 2000. Management of witches' broom disease of cocoa: a contemporary retrospective. Lagos Nigéria. Cocoa Producers' Alliance. 36p.
- PEREIRA, J.L. et al. de. 1989. Primeira ocorrência de vassoura-de-bruxa na principal região produtora de cacau do Brasil. Agrotrópica (Brasil) 1(1):79-81.
- POUND, F.J. 1938. Cacao and witches' broom disease 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. Port-of-Spain, Yuille's Printerie. 58p.
- PYKE, E.E. 1934. The vegetative propagation of cacao. V. Notes on the dimorphic branching habit of cacao. In: St. Augustine, Imperial College of Tropical Agriculture, Third Annual Report on Cacao Research 1933. pp. 8-11.
- RUDGARD, S.A. 1989. Detailed description of symptoms of witches' broom disease of cocoa caused by *Crinipellis pernicioso*. Cocoa Growers' Bulletin, nº. 41. 32 p.
- RUDGARD, S.A.; MADDISON, A.C.; ANDEBRHAN, T. 1993. Disease management in cocoa: comparative epidemiology of witches' broom. London, Chapman and Hall. 249 p.
- SANTOS FILHO, L.P. dos; FREIRE, E.S.; CARZOLA, I.M. 1998. Estimativas de perdas de produção de cacau causadas por vassoura-de-bruxa (*Crinipellis pernicioso* (Stahel) Singer na Bahia. Agrotrópica (Brasil) 10(3):127-130.
- SGRILLO, R.B.; ARAUJO, K.R.P. 1994. Modelo de simulação da evolução da vassoura-de-bruxa do cacauero na Bahia. Agrotrópica (Brasil) 6(3):73-84.

- STAHEL, G. 1915. *Marasmius perniciosus* nov. spec. Department van den Landbonw in Surinam. Bulletin 33: 1-26.
- STELL, F. 1928. Witches' broom disease of cacao and its control. Bulletin Department Agriculture. Trinidad Tobago, 21:3-14.
- THOROLD, C.A. 1975. Witches' broom disease. In: _____ (ed). Diseases of cocoa. Oxford. Claredon Press. p.11-31.
- TOVAR, G. 1991. La escoba de bruja del cacao [*Crinipellis perniciosa* (Stahel) Singer]: descripción de síntomas de la enfermedad. Agronomía Colombiana 8(1):227-239.
- TOXOPEUS, H. 1985. Planting material. In: Wood, G.A.R.; Lass, R.A. (eds). Cocoa. London, Longman. pp 80-92.
- TREVIZAN, S.D.P.; SILVA JUNIOR, M.F. da. 1995. Mudanças socio-econômicas e ambientais associadas à vassoura-de-bruxa nos cacauais da Bahia. Fitopatologia Brasileira 20 (Supl.):273 (Resumo M1 - E).

PHYLOGEOGRAPHY OF THE WITCHES' BROOM PATHOGEN IN BAHIA

¹Karina Peres Gramacho, ²Uilson Vanderlei Lopes, ²José Luis Pires, ³José Ronaldo Monteiro Lopes,
⁴Cássia Bahia, Luana Mahé⁴

¹CEPLAC/CEPEC/Seção de Fitopatologia; ²CEPLAC/CEPEC/Seção de Genética; ³CEPLAC/Centro de Extensão; ⁴CEPLAC/CEPEC/Lab. de Biotecnologia

Witches' broom disease of cacao (*Theobroma cacao* L.), caused by *Crinipellis pernicioso* (Stahel) Singer, is the most important disease of cacao in the growing areas of South America and Caribbean Islands. Knowledge of the amount and distribution of the genetic variation within and among populations is important to understand the biology of this pathogenic fungus. Random amplified polymorphic DNA (RAPD) markers were used to determine the genetic structure of Bahian populations of *C. pernicioso*. Fungal isolates were collected by hierarchical sampling, from nine naturally infected cacao plantations, in three different agroecological zones, during a single growing season. Samples were collected from diseased pods and vegetative brooms in three trees per site. A total of 52 isolates were sampled. Trees were at least 10 m apart within an agroecological zone, and plantations at least 5 km apart each other. Spatial scales included comparisons within and among trees, within and among fields and within and among agroecological zones. Fungal populations from different zones differed significantly among themselves ($p=0.1\%$). These result is in agreement with the previously reported degree of somatic compatibility groups in the *C. pernicioso* population from different ecological areas, which suggests that the fungal population infecting cacao plantations has different population structures in the agroecological zones studied. Therefore, this result should be considered when devising strategies for controlling witches' broom, including genetics, chemical and biological control.

Key words: *Crinipellis pernicioso*, *Theobroma cacao*, RAPD, DNA, disease.

Philogeografia do patógeno vassoura-de-bruxa na Bahia. A vassoura-de-bruxa do cacau (*Theobroma cacao* L.), causada por *Crinipellis pernicioso* (Stahel) Singer, é a doença mais importante do cacau nas plantações da América do Sul e Caribe. O conhecimento da quantidade e distribuição da variabilidade genética dentro e entre populações é um componente importante para o entendimento da biologia deste fungo patogênico. Marcadores do tipo RAPD (Random Amplified Polymorphic DNA) foram usados para determinar a estrutura genética de populações de *Crinipellis pernicioso* na Bahia. Isolados do fungo foram coletados por amostragem hierárquica em nove plantações de cacau naturalmente infectadas, em três diferentes zonas agroecológicas, numa mesma época. Amostras foram coletadas a partir de frutos doentes e vassouras vegetativas em três árvores por local. Cinquenta e dois tecidos doentes (infectados) foram amostrados. As árvores situavam-se pelo menos 10 m uma das outras, e os locais dentro de uma zona agroecológica situavam-se pelo menos 5 km uns dos outros. Análises espaciais incluíram comparações dentro e entre árvores, dentro e entre fazendas, e dentro e entre zonas agroecológicas. Populações do fitopatógeno das diferentes zonas diferiram entre si. Estes dados estão de acordo com estudos previamente reportados de compatibilidade somática em populações de *Crinipellis pernicioso*. Observou-se neste estudo que a população de *C. pernicioso* infectando plantios de cacau tem uma estrutura populacional diferente em diferentes zonas agroecológicas, e isto deve ser considerado nos testes de germoplasmas para resistência à vassoura-de-bruxa.

Palavras-chave: *Crinipellis pernicioso*, *Theobroma cacao*, RAPD, DNA, doença.

Introduction

Witches' broom disease (*Crinipellis pernicioso*) represents the major challenge for the re-establishment of the cacao crop in South America. Sanitation (pruning), fungicides and biological control agents (*Trichoderma stromaticum*) have been used as control methods. However, resistance has been the method of choice, because of its low cost to farmers and efficiency. Information about the population biology and genetics of this pathogen is important to cacao improvement programs and the deployment of resistant varieties to farmers. However, little is known about the population genetic of this pathogen and, only recently, research using molecular techniques has indicated genetic diversity among isolates (Anderbrhan and Furtek 1994; Griffith and Hedger 1994; Purdy and Schmidt 1996), and possibly two distinct introductions of *C. pernicioso* were responsible for the outbreak of witches' broom in Bahia (Anderbrhan *et al.* 1999; Gomes *et al.* 2000; Arruda *et al.*, 2003).

The geographical distribution of *C. pernicioso* in Bahia includes all the 100 counties in southeast Bahia, where cacao is planted (Sá *et al.* 1982). Because these plantations have both overlapping and non-overlapping distributions, their study offers an opportunity for examining the phylogeography of the pathogen in a biogeographical context, using molecular markers. This approach, allows an exploration of the relationship between gene genealogies or phylogeny and geography (Avice 2000). Phylogeographic studies of medically and agriculturally important fungi have revealed substantial phylogenetic structure in populations of fungi which were previously considered homogeneous across their sampled range (Geiser *et al.* 1998; Kasuga *et al.* 1999; Koufopanou *et al.* 1997; O'donnell *et al.* 2000).

We undertook the present study to obtain an initial, broad profile of genetic structure variation of *C. pernicioso* in three agroecological areas from Southeast of Bahia, which vary in ecological, biophysical, climate conditions, land use and cacao planted area. Epidemiological factors could play a major role in substructuring populations. The main goal of this study was to use a hierarchical sampling scheme (tree, plantation, county) to determine whether the population was substructured by the agroecology area from which it was collected.

Materials and Methods

Sampling Strategies and Isolates Growth

Six-hundred isolates of *C. pernicioso* were collected

from twelve agroecological areas representing the natural distribution of *C. pernicioso* from cacao plantations in Bahia. However, here only the data of 52 isolates of three of these areas will be presented, namely from: Uruçuca, Camacan and Una (Figure 1). These areas are at least 55 km apart each other and are differentiated by climate conditions, land use and soil type (Table 1). The first two represents the first foci of the disease, and are considered adequate for cacao production. The last one, Una, is considered marginal for cacao planting.

In each County, isolates were sampled in three plantations, at least 5 km apart. For the purposes of this study, all isolates of *C. pernicioso* collected from an individual cacao plantation were considered a subpopulation of the pathogen and all isolates combined were considered to represent the overall population. Three trees, at least 10 m apart, were sampled in each plantation or subpopulation, during a single growing season. On each tree, isolates were taken from vegetative brooms and diseased pods, totaling eighteen isolates per county (3 plantations x 3 trees x 2 isolates). Diseased tissues were decontaminated by a 10-min immersion in 50 g of sodium hypochlorite per liter, rinsed, and placed on a *Crinipellis* nutrient selective medium for 3-8 days. The morphology of the derived cultures was carefully observed in order to confirm their identity. The isolated strains were then locally stored as dried mycelium, agar cultures immersed under sterilized dry mineral oil at 4 or 18 °C, or under sterilized water. Procedures for obtaining higher quality DNA from young mycelium of *C. pernicioso* were also developed.

DNA Extraction and Amplification

All fungal cultures were grown in Malt 50% for 12 days. Mycelia were filtered through a Whatman No. 1 filter paper, washed twice with TE buffer (10mM Tris-HCl; 1mM EDTA, pH 8.0), and then lyophilized. Total DNA was extracted as described by Zolan and Pukila (1986). The amount of DNA was quantified by electrophoresis and spectrophotometry. The DNA samples were adjusted to 10 ng μL^{-1} and stored at -21°C for further use. Samples that showed DNA degradation in electrophoresis gels were discarded and DNA extraction was repeated.

Amplification reactions were performed in 25 μL volumes containing 10 mM Tris-HCl (pH 8.3), 2.4 mM. L^{-1} MgCl_2 , 0.25 mM. L^{-1} each dATP, dCTP, dGTP, dTTP, 0.4 μM of primer, 0.5 μL of Taq DNA polymerase and

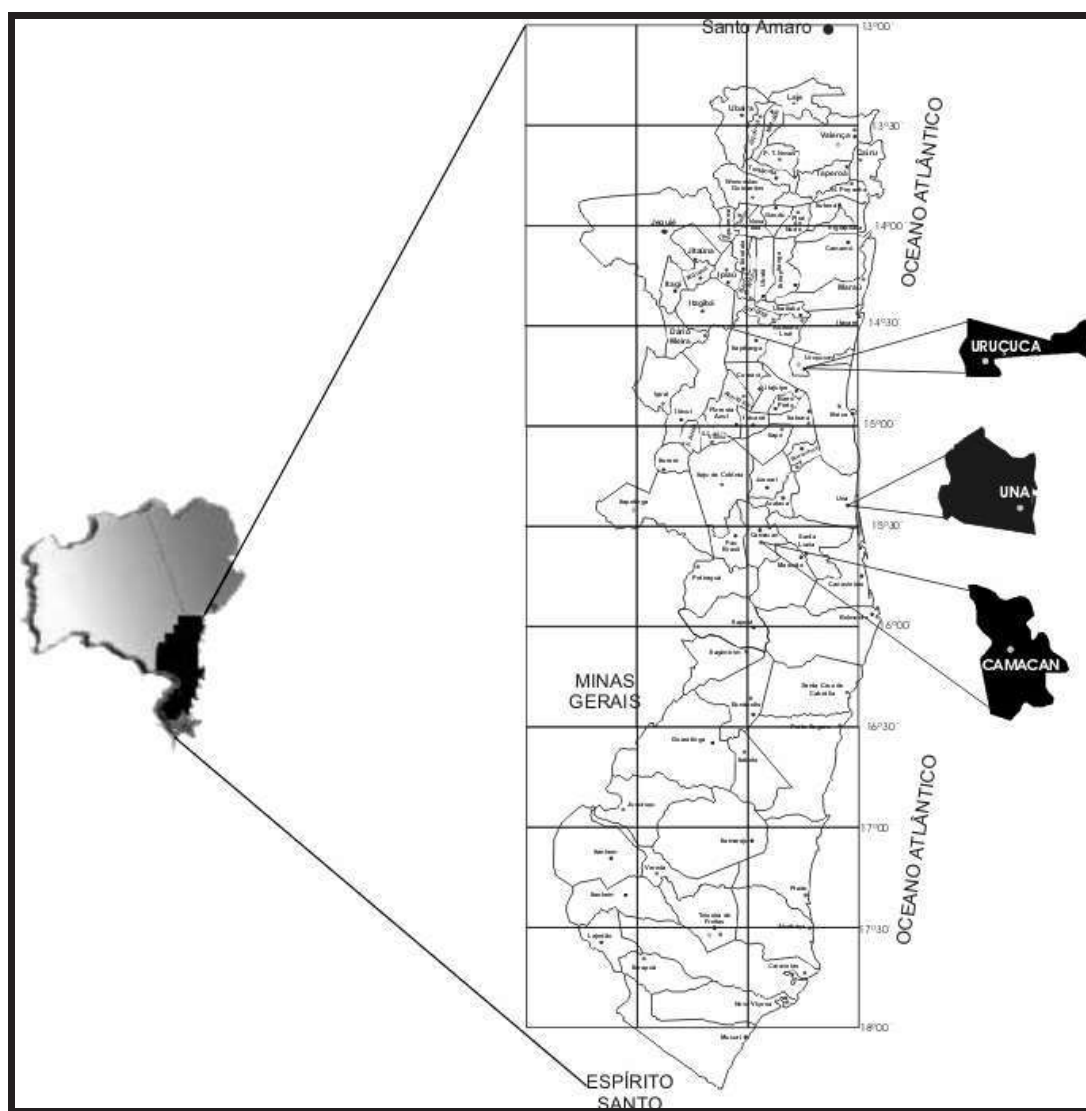


Figure 1. Cacao areas in Southeast of Bahia where *C. perniciosa* isolates were sampled for the phylogeography studies.

Table 1. Description of the agroecological zones used in the *C. perniciosa* phylogeography studies.

Zones	Area (ha)		Latitude	Longitude	Altitude (m)	Rainfall (mm/year)	Temperature (°C)	Soil Type	Land Use
	Total	Cacao							
Urucuca	524,100	188,986	14°35' S	39°17' W	102	1800	21.0-26.4	Alfissols Ultissols	Cacao Pasture
Camacan	351,000	101,000	15°24' S	39°30' W	200-400	1300	17.0-33.0	Alfissols Ultissols Oxisols	Cacao Pasture
Una	638,900	58,984	13°22' S	39°04' W	5	2297	21.0-26.3	Ultissols Oxisols Podzols	Cacao Coconut Oil palm Hevea

approximately 30 ng of genomic DNA. Amplifications were conducted in a Perking-Elmer, GeneAmp PCR System 9600. Thirty cycles of PCR amplifications were performed under the following parameters: denaturation for 1 min at 92°C, primer annealing for 1 min at 35°C; and primer extension for 2 min at 72°C.

Amplification products were separated by electrophoresis at 110 V for 2 h on ethidium bromide-stained (0.5 µg.mm⁻¹), 1.2% agarose gels run in 1x Tris-borate EDTA buffer and visualized under UV light.

Data Analysis

Ten primers (Operon Technologies Inc.), among forty, were selected based on a screening with four DNAs of *C. pernicios* from different agroecological zones. The selected primers yielded one or more repeatable polymorphisms. Discarded primers were those monomorphic, yielding unrepeatable results, or not yielding DNA amplification products. RAPD assays of each isolate were performed at least two times, with only reproducible, amplified fragments being scored. For each sample, the presence and absence of RAPD fragments were recorded as 1 or 0, respectively, and treated as discrete characters. Faint RAPD bands were not included in this analysis.

Multidimensional Scaling Analysis: The 0/1 data were used to calculate genetic distances as Jaccard's similarity coefficient (Jaccard, 1908). Based on genetic distances, a multi-dimensional scale (MDS) method, using SAS® PROC MDS and SAS-graph were carried out and the resulting first three dimensions were plotted for each isolate (SAS, 1986).

Cluster analysis: Cluster analysis based on genetic distance was performed using Ward's minimum variance method (Ward, 1963). The number of modal clusters were pre-established according to the hierarchical scheme: numbers of populations (isolates collected from the same agroecological area were considered a population) and subpopulations (isolates collected from plantations within an agroecological area).

Analysis of molecular variance: We used AMOVA, analysis of molecular variance, (Excoffier et al., 1992), to deduce the significance of geographical divisions both between populations and between regions. The statistics of molecular variants ϕ_{CT} (among regions), ϕ_{ST} (among populations), and ϕ_{SC} (among populations within regions) were estimated. The significance of these F-statistic analogues was evaluated based on 1,000 random permutations. AMOVA was performed using the software Arlequin version 1.8 (Schneider et al., 2000).

Results

Among the 129 RAPD markers, 113 (87.5%) were polymorphic and 16 (12.4%) monomorphic. Individual RAPD primers generated from 7 to 13 amplified fragments for the 52 strains analyzed (Table 2). The polymorphic markers revealed by the ten primers were present in every population sampled, and there was no case of private alleles, i.e., alleles unique to one or a few populations.

To determine whether the populations were substructured, we subdivided them on the basis of agroecological zones (Counties), plantations, and tree. The visual representation of the relationship of the isolates suggested the presence of three groups clustered according to their county of origin (Figure 2).

To assess the distinctiveness of the groups, we used Ward's minimum variance method (Ward, 1963). The three clusters identified by that method corresponded to the clusters visually identified in the three dimensional graph, revealing a clear consensus of three groups according to their region of origin (groups I, II, and III) (Table 3). With respect to the geographic origin of the isolates, group I included 11 of the 17 isolates from Una; group II, 9 of the 17 isolates from Uruçuca; and group III 16 of the 18 isolates from Camacan and the

Table 2. Attributes of the oligonucleotide primers used for generating RAPD markers from 52 individuals of *Crinipellis pernicios* sampled from three populations in Southeast of Bahia.

Primer	Number of Amplified Fragments	
	Polymorphic	Monomorphic
OPA19	9	1
OPA16	10	2
OPB10	6	1
OPB11	7	2
OPC4	8	1
OPD01	9	1
OPE14	12	1
OPH12	7	1
OPH20	9	1
OPI05	10	2
OPI13	9	1
OPI18	9	1
OPG15	8	1
Total	113	16

remaining isolates from Uruçuca. Generally, isolates collected from an individual plantation were very similar and tended to fall into the same group.

Hierarchical analysis of RAPD fingerprinting with AMOVA indicated the presence of variance attributable to genetic differences within an agroecological area

($\hat{\sigma}_{ST}=0,21$ $p<0,001$), among regions ($\hat{\sigma}_{CT}=0,18$; $p<0,059$) and among population within an agroecological area ($\hat{\sigma}_{CT}=0,03$ $p<0,103$) (Table 4). Also, out of the total genetic diversity, 78.7% was attributable to differences within populations and only 18.6% to differences between populations.

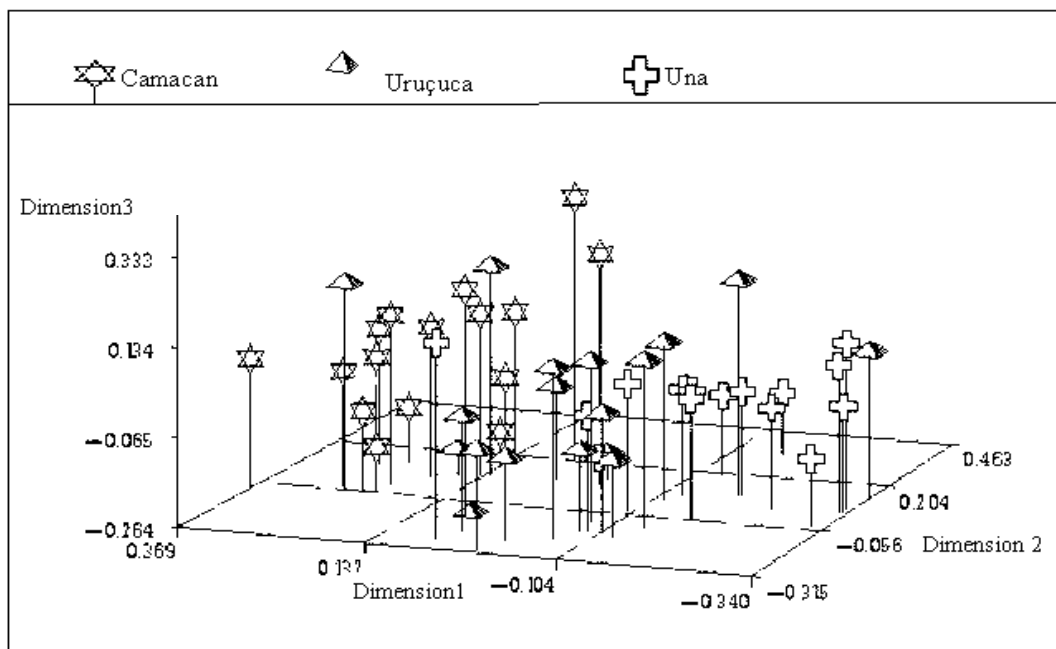


Figure 2. Multidimensional scaling (MDS) plot for genetic distance among the three agroecological areas of Southeast of Bahia.

Table 3. Clustering statistics from Ward's minimum variance cluster analysis of 52 isolates of *Crinipellis perniciosa* based on RAPD fragment occurrence.

County	Plantation	Group 1	Group 2	Group 3	Total
Una	1	2	1	2	5
	2	5	0	0	5
	3	4	3	0	7
Total Isolates*		11	4	2	17
(Percent)		(78.5%)	(23.0%)	(11.0%)	
Camacan	1	1	1	4	6
	2	0	0	5	5
	3	0	0	7	7
Total Isolates		1	1	16	18
(Percent)		(55.0%)	(55.0%)	(88.8%)	
Uruçuca	1	0	6	0	6
	2	0	3	0	3
	3	3	0	6	9
Total Isolates		3	9	6	18
(Percent)		(17.6%)	(52.9%)	(35.3%)	

*Percentages are over isolates within a county

Table 4. Analysis of molecular variance of random amplified polymorphic DNA for six populations of *Crinipellis pernicioso* from three agroecological regions in Southeast Bahia (Una, Uruçuca and Camacan).

Source	df	Variance components	$\hat{\sigma}^2$ Statistics	% Total
Among regions	2	2.12	0.18 **	18.6
Among sub-populations within regions	3	0.31	0.03 ^{ns}	2.7
Within populations	46	8.97	0.21 ***	78.7

** Significant at $P < 0.05$, based on 1000 permutations

*** Significant at $P < 0.01$, based on 1000 permutations

^{ns} Non significant

Discussion

One of our primary goal was to investigate the population structure of *C. pernicioso*. A large number of reports and papers have been published on the progression of the witches' broom disease since its first appearance in the 1989 in Bahia, Brazil, but only a small number of these were population studies. The results presented here showed high levels of intrapopulation genetic diversity, with three distinct RAPD groups or clusters occurring in each population. Genetically closely related populations were often from the same county and plantation. This result is in agreement with a previous somatic compatibility study in *C. pernicioso* isolates, in which it was observed a tendency of cluterization according to the agroecological zone (Oliveira 1993, not published). Isolates from Uruçuca were all in a single somatic compatibility group, and those from Camacan in other group.

We propose several mechanisms that can contribute to the local high diversity and the phylogeography groups found in our study. One mechanism is local selection. Probably exerted by the variety of environmental and host in the region. The region is characterized in agroecological areas, with special characteristics of soil, climate, and dynamic of land use. The climate gradient across these areas vary from wet to dry zones, and average year rainfall between 803 to 1303 mm, and mean temperature from 20 to 25°C. These regions also vary in cacao planted area, with the majority being planted in Camacan and Uruçuca. Plantations in Una are more diversified; only 9.5% of the area is planted with cacao. Therefore, it is likely that the local environment operates favouring adapted ecotypes to persist.

A second contributing factor is the formation of heterokaryons between two genetically different primary hyphae (Griffith and Hedger 1994). This has been suggested as a possible explanation of the genetic diversity between isolates within the same area (Anderbrhan and

Furtek 1994; Gomes *et al.* 2000; Niella *et al.* 2000). Reproduction of *C. pernicioso* is homothallic for the C-, S- and B- biotypes, and heterothallic for the L-biotype (Griffith and Hedger 1994). Genetic variability among these different biotypes has been shown to be more related to proximity than to the nature of the host itself (Anderbrhan and Furtek 1994; Griffith and Hedger 1994; Purdy and Dickstein 1990). In homothallic biotypes, the existence of a high degree of genetic diversity suggests that the fungus does not just reproduce clonally. Additionally, the underlying recombining genetic structure may be due to parasexual cycle. Different RAPD markers were found in basidiospores from the same basidiocarp implying the existence of a certain degree of polymorphism (Anderbrhan and Furtek 1994). The process of dikaryotisation for homothallic biotypes occurs by anastomosis between two adjacent uninucleate hyphae. Therefore, an explanation could be that heterokaryosis may happen between two genetically distinct primary mycelium when homomictic mycelia is undergoing autodikaryosis. This could happen in an infected meristem between two genetically different germinating basidiospores. The stable heterokaryons could stabilize and enter into the saprophytic stage (Griffith and Hedger 1994) which may allow multiple genotype to persist.

Although our analysis was restricted to only three of the twelve agroecological areas, a quite limited data set, and so may be viewed as somewhat preliminary; the important result of this study was the genetic differentiation among agroecological areas. To our knowledge this is the first evidence of ecotypes in the *Crinipellis* - *Theobroma cacao* pathosystem. The interpretation of these results is not a clear-cut, and the current study, however, cannot establish which factors are important in shaping the population structure of *C. pernicioso*. A comparison of the genetic composition of isolates from the different agroecological areas would answer some of these questions. In order to answer these

questions, a study involving 600 isolates from all the 12 agroecological areas in Southeast Bahia is under way.

We report that *C. pernicioso* population infecting cacao plantations has a similar population structure within an agroecological zone and this should be considered when devising control strategies including test of varieties, fungicides and biological control agents.

Acknowledgements

Special thanks to the technicians José dos Santos Reis and Joselito de Moraes, for helping us on collecting the isolates and to SEAGRI-BA and CFC/ICCO/BIOMOL for supporting this project.

Literature Cited

- ANDEBRHAN, T. et al. 1999. Molecular fingerprinting suggests two primary outbreaks of witches' broom disease (*Crinipellis pernicioso*) of *Theobroma cacao* in Bahia, Brazil. *European Journal of Plant Pathology* 105: 167-175.
- ANDEBRHAN, T.; FURTEK, D. B. 1994. Random amplified polymorphic DNA (RAPD) analysis of *Crinipellis pernicioso* isolates from different hosts. *Plant Pathology* 43:1020-1027.
- ARRUDA, M. C. C. et al. 2003. Nuclear and mitochondrial DNA variability in *Crinipellis pernicioso* from different geographic origins and hosts. *Mycological Research* 107:25-37.
- AVISE, J. C. 2000. *Phylogeography: The History and Formation of Species*. Cambridge, MA. Harvard University Press. 447pp.
- EXCOFFIER, L. S.; MOUSE, P.E.; QUATTRO, J. M. 1992. Analysis of molecular variance inferred from metric distance among DNA haplotypes: application to human mitochondrial DNA restriction data. *Genetics* 131:479-491.
- GEISER, D. M. et al. 1998. Cryptic speciation and recombination in the aflatoxin-producing fungus *Aspergillus flavus*. *Proceedings of the National Academy Science* 95:388-393.
- GOMES, L.M.C. et al. 2000. Genetic diversity of *Crinipellis* from the south region of Bahia-Brazil using RAPD molecular markers. *Fitopatologia Brasileira* 25:377.
- GRIFFITH, G.W.; HEDGER, J. N. 1994. The breeding biology of biotypes of witches' broom disease of cocoa (*Crinipellis pernicioso*). *Transactions of the British Mycological Society* 88.
- JACCARD, P. 1908. Nouvelles recherches sur la distribution orale. *Bulletin de la Societe Vaudoise Science Natural* 44: 223-270.
- KASUGA, T., TAYLOR, J. W.; WHITE, T. J. 1999. Phylogenetic re-lationships of varieties and geographical groups of the human pathogenic fungus *Histoplasma capsulatum* darling. *Journal of Clinical Microbiology* 37:653-663.
- KOUFOPANOU, V., BURT, A.; TAYLOR, J. W. 1997. Concordance of gene genealogies reveals reproductive isolation in the pathogenic fungus *Coccidioides immitis*. *Proceedings of the National Academy Science* 94:5478-5482.
- NIELLA, G. R. et al. 2000. Produção de basidiocarpos de *Crinipellis pernicioso*, isolado de *Theobroma cacao* em meio farelo-vermiculita. *Fitopatologia Brasileira* 263-263.
- O'DONNELL, K. et al. 2000. Gene genealogies reveal global phylogeographic structure and reproductive isolation among lineages of *Fusarium graminearum*, the fungus causing wheat scab. *PNAS (USA)* 97:7905-7910.
- PEREIRA, J. L.; RAM, A.; FIGUEIREDO, J. M.; ALMEIDA, L. C. C. de. 1989. Primeira ocorrência de vassoura-de-bruxa na principal região produtora de cacau do Brasil. *Agrotrópica (Brasil)* 1: 79-81.
- PURDY, L.H.; SCHMIDT, R.A. 1996. Status of cacao witches' broom: Biology, Epidemiology, and Management. *Annual Review of Phytopathology* 34:573-594.
- SÁ, D. F.; ALMEIDA, H.; SILVA, L.; LEÃO, A. C. 1982. Fatores edafoclimáticas seletivos ao zoneamento da cacauicultura no Sudeste da Bahia. *Revista Theobroma (Brasil)* 12: 169-187.
- SAS INSTITUTE. 1985. *SAS users guide: statistics*. SAS Institute, Cary N.C.

- SILVA, L. F.; LEITE, J. O. 1988. Caracterização preliminar dos agrossistemas das regiões cacaueiras da Bahia e Espírito Santo. Ilhéus, CEPLAC/CEPEC. Boletim Técnico 156. 15p.
- SCHNEIDER, S.; RIESSL, D.; EXCOFFIER, L. 2000. Arlequin ver 2.000: a software for population genetics data analyses. Software manual. 111p.
- WARD, J. H. 1963. Hierarchical grouping to optimize an objective function. Journal of the American Statistical Association 58: 236-244.
- ZOLAN, M.; PUKILA, A. P. 1986. Inheritance of DNA methylation in *Coprumus cmereus*. Molecular and Cellular Biology 6: 195-200.

***Trichoderma stromaticum* sp. nov. NA PRODUÇÃO DE BASIDIOMAS E
INFECÇÕES DE RAMOS E ALMOFADAS FLORAIS DO CACAUEIRO POR
*Crinipellis perniciosa***

Cleber Novais Bastos

CEPLAC/SUPOR, Caixa Postal 5150, 66635-110, Belém, Pará, Brasil.

Possível medida de controle da vassoura-de-bruxa do cacaueiro, causada por *Crinipellis perniciosa*, foi verificada em condições de campo, no município de Marituba, PA, através do método biológico, aplicando-se o antagonista *Trichoderma stromaticum* em vassouras penduradas no interior da copa do cacaueiro e em vassouras deixadas sobre a serrapilheira dos cacaueiros. As aplicações da suspensão de conídios (6×10^6 conídios/ml) em número de quatro, foram feitas com pulverizador costal manual, sendo uma em dezembro, duas em janeiro e uma em fevereiro. As avaliações foram realizadas através da quantificação da frutificação do patógeno e da produção de lançamentos vegetativos e almofadas florais infectadas. Os resultados indicaram que a produção de basidiomas nas vassouras tratadas foi de 3,9% em relação ao total produzido e de 96,1% nas não tratadas. Quanto à produção de ramos e almofadas florais infectadas foi, respectivamente, de 25,6% e 12,2% no tratamento com *Trichoderma* e de 74,4% e 87,8% na testemunha.

Palavras-chave: Controle biológico, vassoura-de-bruxa, *Crinipellis perniciosa*, *Theobroma cacao*, antagonista

***Trichoderma stromaticum* sp. nov. on the production of basidiomatas and on infections of shoots and cushion flowers of cocoa by *Crinipellis perniciosa*.** A possible measure to control cocoa witches' broom, caused by *Crinipellis perniciosa*, was verified in field conditions by applying the antagonist *Trichoderma stromaticum* on dead brooms hung up into cocoa canopy and in brooms on the ground under cocoa trees. The applications of the conidia suspension (6×10^6 conidia/ml) was made four times with a hand knapsack sprayer, being one in December, two in January and one in February. The evaluations were made by quantification of the fruit bodies of the fungus and the production of shoots and cushion flowers infected. The results showed that the production of basidiomatas on brooms treated with the antagonist was 3,9% in relation to the total production of basidiomatas, and 96,1% on untreated brooms. The production of shoots and cushion flowers infected was respectively 25,6% and 12,2% in the treatment of *Trichoderma* and of 74,4% and 87,8% in the control.

Key words: Biological control, witches' broom, *Crinipellis perniciosa*, *Theobroma cacao*, antagonist

Introdução

A vassoura-de-bruxa do cacau (Theobroma cacao L.), causada pelo fungo *Crinipellis pernicioso* (Stahel) Singer, é um dos mais sérios problemas da cacauicultura, sendo responsável por grandes prejuízos nas áreas onde ocorre (Almeida e Andebrhan, 1987). Devido a alta incidência e ausência de medidas mais efetivas no controle desta doença, muitos agricultores nas regiões produtoras de cacau da Amazônia e Bahia, já tiveram suas lavouras completamente dizimadas.

Um dos métodos mais utilizados no controle da vassoura-de-bruxa consiste na remoção, nas épocas certas, das partes afetadas pelo fungo (vassouras vegetativas, frutos e almofadas florais infectadas) (Bastos e Silva, 1980). A importância econômica da doença, portanto, constitui-se no maior estímulo à busca de métodos alternativos de controle, a fim de evitar-se ou, pelo menos, minimizar os prejuízos que a vassoura-de-bruxa tem ocasionado. O controle biológico tem-se mostrado promissor (Bastos, 1988; Bastos, 1996a), podendo ser mais uma opção para o manejo integrado, com a vantagem do baixo custo e da redução da poluição do ambiente, em relação ao controle químico.

Dentre os agentes com potencialidade para reduzir a produção de inóculo de *C. pernicioso*, destaca-se o antagonista *Trichoderma stromaticum* sp. nov. (Samuels *et al.*, 2000), isolado a partir de vassouras secas de cacauzeiros e, identificado inicialmente como *T. viride* (Bastos, 1988), que tem recebido maior atenção devido as suas características de antagonismo em condições controladas e naturais (Bastos, 1996a; Bastos, 1996b).

Este trabalho objetivou avaliar a potencialidade de *T. stromaticum* na redução da esporulação de *C. pernicioso* e a infecção de lançamentos foliares e almofadas florais de cacauzeiros, sob condição de campo.

Material e Métodos

Produção e preparação do inóculo de *Trichoderma*

Para produção de inóculo, *T. stromaticum* foi cultivado em frascos Erlenmeyer de 1000 ml contendo 200 ml do meio líquido de batata (200 g) - mel de cana de açúcar (25 g) - água (1 l), durante 10 - 12 dias, sem agitação, em condições de laboratório (25 - 27°C). Obteve-se a suspensão homogeneizando por cerca de 3 minutos, em liquidificador, a massa fúngica e o meio de cultivo. Preparou-se a suspensão de inóculo, adicionando-se em sete litros de água três litros de suspensão de conídios e fragmentos de micélio, 0,05% de Tween 80 e 1,0% de açúcar-de-cana, e a seguir agitou-se até homogeneização completa, obtendo-se uma suspensão de 6×10^6 conídios/ml.

Experimento de campo

O experimento foi conduzido numa área com plantio formado por uma mistura de híbridos com aproximadamente 12 anos de idade, nos quais foi realizada uma poda fitossanitária em outubro/1997 (estação seca), que consistiu na remoção das vassouras vegetativas e frutos infectados.

O ensaio constou de quatro parcelas de cacauzeiros, contendo cada uma 50 plantas úteis separadas por uma bordadura de seis fileiras de cacauzeiros com os seguintes tratamentos: A) Aplicação de *Trichoderma* em 200 vassouras subdivididas em 4 repetições de 50 vassouras, penduradas ao acaso na copa de cacauzeiros distribuídos numa parcela; B) Idêntico a A, sem aplicação de *Trichoderma* (Testemunha 1); C) Aplicação de *Trichoderma* em 200 vassouras subdivididas em 4 repetições de 50 vassouras, deixadas sobre serrapilheiras, debaixo dos cacauzeiros dentro de uma parcela; D) Idêntico a C, sem aplicação de *Trichoderma* (Testemunha 2).

As vassouras penduradas ou deixadas sobre a serrapilheira foram pulverizadas com a suspensão, utilizando-se um pulverizador costal manual. As aplicações do agente biológico foram feitas durante o período chuvoso, sendo uma aplicação em dezembro, duas em janeiro e uma em fevereiro. A quantificação da frutificação (basidiomas produzidos) foi feita uma vez por semana, e a da produção de ramos (vassouras verdes e necróticas) e almofadas florais infectados foi feita em outubro/1998, oito meses após a última aplicação do antagonista.

Calculou-se o número médio de basidiomas e o número médio de ramos e almofadas florais infectados para avaliar o efeito dos diferentes tratamentos na produção de inóculo no chão e na copa e a incidência da doença na copa do cacauzeiro, respectivamente.

Resultados e Discussão

O fungo *T. stromaticum* demonstrou ser um potencial agente de controle biológico ao reduzir a produção de basidiomas de *C. pernicioso*. De acordo com a Figura 1, verifica-se a atuação do *Trichoderma* como um antagonista capaz de reduzir o inóculo de *Crinipellis* tanto nas vassouras penduradas como nas deixadas sobre a serrapilheira. Tal ação foi evidenciada pela colonização das vassouras pelo hiperparasita, formando na superfície das mesmas massas esporógenas brancas (Figura 2). Os resultados indicaram que a produção de basidiomas nas vassouras tratadas com o antagonista foram de 3,9% em relação ao total produzido e nas não tratadas (testemunhas) de 96,1%.

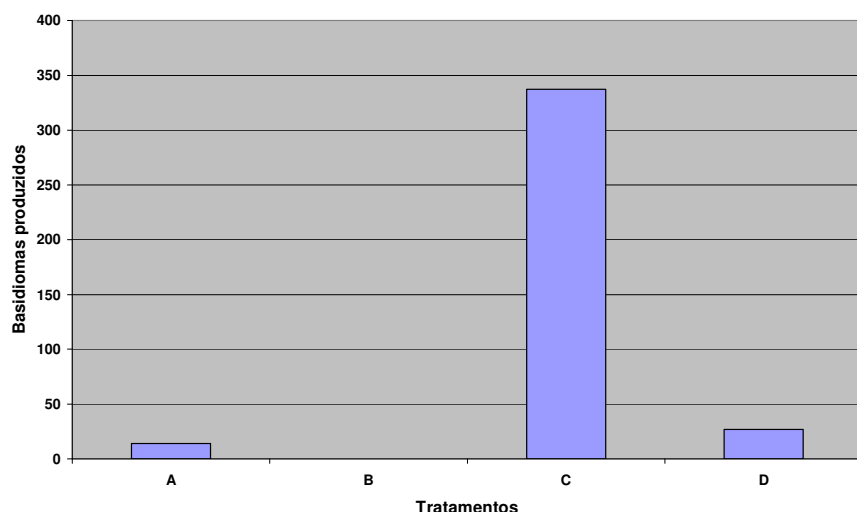


Figura 1. *Trichoderma stromaticum* na produção de basidiomas de *Crinipellis pernicioso* em vassouras de cacaueiros: *Trichoderma* aplicado em vassouras penduradas (A); *Trichoderma* aplicado em vassouras sobre a serrapilheira (B); Testemunha 1 – vassouras penduradas (C); Testemunha 2 – vassouras sobre a serrapilheira (D). As colunas representam médias de 4 repetições de 50 vassouras.



Figura 2. Vassouras de cacaueiros sobre a serrapilheira e colonizadas por propágulos de *Trichoderma stromaticum*.

As avaliações referentes à formação de basidiomas foram feitas durante oito meses e observou-se que as vassouras tratadas com *Trichoderma* paralisaram definitivamente a esporulação de *Crinipellis*, após poucas semanas do início do experimento, em contraste com as vassouras não tratadas (testemunhas), que continuaram a produzir basidiomas normalmente.

As vassouras são as principais fontes de inóculo, sendo na Amazônia, as vassouras da copa responsáveis por 70 a 80% dos basidiomas produzidos (Andebrhan, 1984). Além disso, a frutificação das vassouras na copa pode ocorrer por dois ou mais anos, ao contrário do

verificado nas vassouras deixadas no solo, dentro das plantações, cujo período produtivo foi no máximo de sete meses (Andebrhan *et al.*, 1983; Tovar e Ortiz, 1991). A produção de basidiomas nas vassouras sobre o solo (Figura 1) foi mais baixa do que na copa, contrariamente o que ocorre na Bahia (Luz *et al.*, 1997). Estes resultados corroboram com os de outros pesquisadores que relatam que a produção de basidiomas de *C. pernicioso* na Amazônia brasileira é maior nas vassouras suspensas (Almeida *et al.*, 1995; Rudgard, 1987; Costa *et al.*, 1997). Contudo, essas condições não afetaram a ação antagonista do *Trichoderma*, o qual foi capaz de reduzir e/ou inibir a formação de basidiomas nos dois sistemas.

Resultados semelhantes foram obtidos com experimentos realizados na região cacaueira da Bahia, onde o isolado de *T. stromaticum* denominado de TVC, reduziu 99,7% o número de basidiomas formados nas vassouras deixadas na serrapilheira em contato com o solo e 56,6% nas vassouras penduradas na copa de cacaueiros (Costa *et al.*, 1998).

Quanto à eficiência de *Trichoderma* na redução de infecções em ramos e de almofadas florais observou-se ação ativa do fungo, reduzindo acentuadamente o número de vassouras formadas e de almofadas florais infectadas (Figura 3). A produção de ramos e almofadas florais infectados foi, respectivamente, de 25,6% e 12,2% nos tratamentos com *Trichoderma* e de 74,4% e 87,8% nas testemunhas. Apesar da total inibição na produção de basidiomas nas vassouras sobre o solo e tratadas com o agente biológico, verificou-se que nos cacaueiros das parcelas desse tratamento, ocorreu a formação de vassouras vegetativas e de almofadas florais infectadas. Certamente isso se deve ao inóculo vindo de parcelas vizinhas, que produziram maiores quantidades de basidiomas. Não foi avaliada a ação quanto à redução da infecção de frutos, face a baixa produtividade, possivelmente devido ao efeito da drástica poda fitossanitária, realizada no início do experimento. Todavia, dados de trabalhos anteriores demonstraram que o antagonista promoveu uma redução significativa de frutos infectados por *C. pernicioso* (Bastos, 1996a).

Pelo exposto, constatou-se que a tendência dos resultados obtidos confirmam o potencial do agente

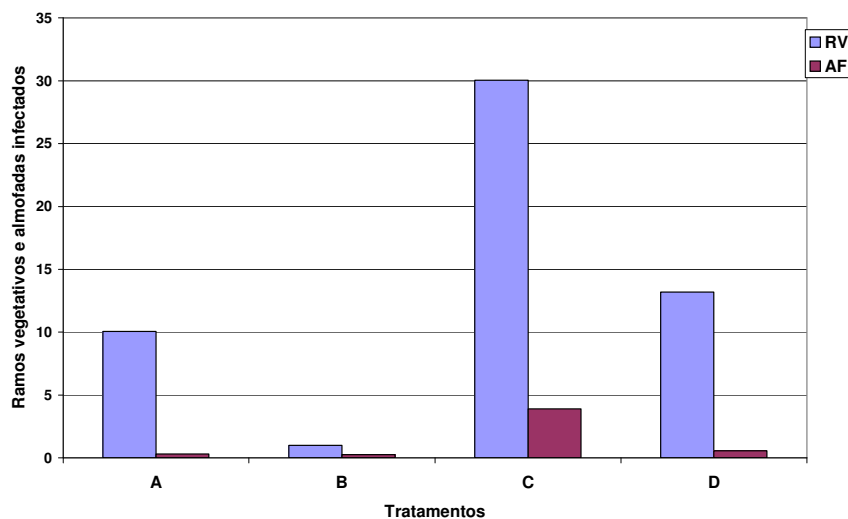


Figura 3- *Trichoderma stromaticum* na infecção de ramos vegetativos (RV) e almofadas florais (AF) de cacaueiros: *Trichoderma* aplicado em vassouras penduradas (A); *Trichoderma* aplicado em vassouras sobre a serrapilheira (B); Testemunha 1 – vassouras penduradas (C); Testemunha 2 – vassouras sobre a serrapilheira (D). As colunas representam médias de 50 cacaueiros.

biólogo *T. stromaticum* na capacidade de reduzir e/ou impedir a formação de basidiomas de *C. pernicioso* e como consequência, reduzir e/ou evitar infecções de cacaueiros.

Literatura Citada

- ALMEIDA, L. C. de e ANDEBRHAN, T. 1987. Recuperação de plantações de cacau altamente atacadas por vassoura-de-bruxa na Amazônia brasileira. *Agrotrópica* (Brasil) 1(2):133 - 136.
- ALMEIDA, L. C. de, BASTOS, C. N. e FERREIRA, N. P. 1995. Produção de basidiocarpos de *Crinipellis pernicioso* em dois sistemas de cultivo do cacaueiro. *Fitopatologia Brasileira* 20(1): 60 - 64.
- ANDEBRHAN, T. et al. 1983. Produção de basidiocarpos nas vassouras deixadas no solo em diferentes meses do ano. Belém, CEPLAC/DEPEA. Informe Técnico 1983. pp. 42 - 44.
- ANDEBRHAN, T. 1984. Produção de basidiocarpos em relação ao controle fitossanitário da vassoura-de-bruxa. Belém, CEPLAC/DEPEA. Informe Técnico 1989. pp. 59 - 63.
- BASTOS, C. N. e SILVA, H. M. 1980. Doenças do cacaueiro na Amazônia Brasileira. Belém. CEPLAC/DEPEA/COPES. Comunicado Técnico nº 2. 42p.
- BASTOS, C. N. 1988. Resultados preliminares sobre a eficácia de *Trichoderma viride* no controle da vassoura-de-bruxa (*Crinipellis pernicioso*) do cacaueiro. *Fitopatologia Brasileira* 13(4): 340 - 342.
- BASTOS, C. N. e DIAS, J. C. 1992. Redução na produção de basidiocarpos de *Crinipellis pernicioso* por *Trichoderma viride*. *Summa Phytopathologica* (Brasil) 18(3/4): 235 - 238.
- BASTOS, C. N. 1996a. Mycoparasitic nature of the antagonism between *Trichoderma viride* and *Crinipellis pernicioso*. *Fitopatologia Brasileira* 21(1):50 - 54.
- BASTOS, C. N. 1996b. Potencial de *Trichoderma viride* no controle da vassoura-de-bruxa (*Crinipellis pernicioso*) do cacaueiro. *Fitopatologia Brasileira* 21(4): 509 - 512.
- COSTA, J. C. B. et al. 1997. Produção de basidiomas de *Crinipellis pernicioso* em diferentes fontes de inóculo na região Amazônica. *Fitopatologia Brasileira* 22(4): 507 - 512.
- COSTA, J. C. B. et al. 1998. Ação antagonica de *Trichoderma* sp. sobre a produção de *Crinipellis pernicioso* no Estado da Bahia. In *Simpósio de Controle Biológico*, 1998. Anais. Brasília, EMBRAPA/CENARGEN. pp. 8.
- LUZ, E. D. M. N. et al. 1997. Cacau (*Theobroma cacao* L.) Controle de Doenças: In: Vale, F. X. R. e Zambolim, L., eds. *Controle de Doenças de Plantas. Gênes culturas*. Viçosa, MG, UFV/Departamento de Fitopatologia. Vol. 2. pp. 611 - 656.
- SAMUELS, G. J. et al. 2000. *Trichoderma stromaticum* sp. nov., a parasite of the cacao witches' broom pathogen. *Mycological Research* (no prelo).
- RUDGARD, S. A. 1987. Interpreting the epidemiology of cocoa witches' broom for the better disease management in Rondonia. Brazil. *Cocoa Growers Bulletin* nº 28. pp. 28 - 38.
- TOVAR, G. y ORTIZ, M. 1991. La escoba de bruja del cacao *Crinipellis pernicioso* (Stahel) Singer en la región del Piedemonte Llanero de Colombia: Estudio de la fructificación del hongo. *Agronomía Colombiana* 8(1):139 - 151.

A FORMIGA CAÇAREMA, *Azteca chartifex spiriti* FOREL, 1912 (FORMICIDAE, DOLICHODERINAE) NA REGIÃO CACAUEIRA DA BAHIA, BRASIL: MAIS DE UM SÉCULO DE AMOR E ÓDIO

**Jacques Hubert Charles Delabie^{1,2,*}, Celio Dorotéa Santos³, Josieia Teixeira dos Santos^{2,4},
Julya Lopes dos Santos⁴, Laís da Silva Bomfim², Alexandre Arnhold⁵,
Elmo Borges de Azevedo Koch⁶, Cléa dos Santos Ferreira Mariano^{2,4}**

¹Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (CEPLAC), Centro de Pesquisas do Cacao (CEPEC), Laboratório de Mirmecologia, Km 22, rodovia Jorge Amado (BR-415), 45662-902 Ilhéus-BA, Brasil. jacques.delabie@gmail.com;

²Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC), Programa de Pós-Graduação em Zoologia. Km 16, rodovia Jorge Amado (BR-415), 45662-900 Ilhéus, BA, Brasil. josieiabiologa@gmail.com, lsomfim.ppgzoo@uesc.br, csfmariano@uesc.br;

³Escritório Local da CEPLAC, Avenida Lauro Freitas, 507, Centro, 45570-000 Ipiáú, BA, Brasil. cedoro@gmail.com;

⁴UESC/Departamento de Ciências Biológicas. Km 16, rodovia Jorge Amado (BR-415), 45662-900 Ilhéus, BA, Brasil. jlsantos.lbi@uesc.br;

⁵Universidade Federal do Sul da Bahia (UFSB), Centro de Formação em Ciências Agroflorestais (CFCAf). Km 22, rodovia Jorge Amado (BR-415), Ilhéus, BA, Brasil. alexarnhold@gmail.com; ⁶Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS), Departamento de Ciências Biológicas. Avenida Transnordestina s/n, 44036-900, Feira de Santana, BA, Brasil. elmoborges@gmail.com

***Autor para correspondência:** Jacques Hubert Charles Delabie

E-mail: jacques.delabie@gmail.com

“A caçarema *Azteca chartifex* é conhecida de todos os lavradores de cacao. É a formiga mais popular do sul do Estado.” (Bondar, 1939)

A formiga “caçarema”, *Azteca chartifex spiriti*, é atualmente reconhecida como um eficiente agente de controle biológico natural de pragas nos cacauais da região Sul da Bahia. No entanto, esse reconhecimento nem sempre foi compartilhado pelos atores do setor agrícola na região cacaueira. Desde o século XIX até o desenvolvimento do Instituto de Cacao da Bahia (ICB), a caçarema foi tradicionalmente manejada nos cacauais com a finalidade de reduzir os impactos causados por diversos insetos danosos aos cacaueiros. Quando o agrônomo russo Gregório Bondar desenvolveu seus estudos seminais na Bahia, ele investigou, principalmente, as relações entre a caçarema, o cacaueiro e sua fauna associada. Bondar estimava que a presença da formiga fosse responsável por sérios prejuízos à lavoura e, com base em suas observações, publicou diversas recomendações de controle da caçarema. Tais recomendações foram posteriormente expandidas, especialmente após a implantação da Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (CEPLAC) na região, até cerca de 1980. Em 1964, os esforços de controle da formiga culminaram com o lançamento da “Primeira Campanha de Combate às Pragas do Cacaueiro”, cujo objetivo era mitigar os danos ocasionados por insetos nos cacauais da região. Durante essa campanha, dezenas de milhares de colônias de insetos sociais foram sistematicamente eliminadas, tanto mecanicamente quanto com o uso de inseticidas, predominantemente o Hexaclorobenzeno (BHC), então utilizado no controle químico da maioria dos insetos praga do cacaueiro na região. Contudo, após esse período, houve uma mudança gradual em direção a práticas de manejo mais ecologicamente sustentáveis, incluindo o reconhecimento do papel benéfico da caçarema no controle biológico natural. Com a drástica redução do uso de inseticidas, principalmente por motivos ecológicos e econômicos, e um aprofundamento do conhecimento sobre a comunidade de insetos associada à lavoura cacaueira, os problemas anteriormente atribuídos a *A. chartifex spiriti* foram contornados ou minimizados. Consequentemente, essa espécie tornou-se um aliado indispensável no manejo sustentável dos cacauais da Bahia.

Palavras-chave: *Theobroma cacao*, Gregório Bondar, Pedrito Silva, história da ciência, história regional, sustentabilidade, BHC, manejo, inseto social

The “caçarema” ant, *Azteca chartifex spiriti* Forel, 1912 (Formicidae, Dolichoderinae) in the Cocoa Region of Bahia, Brazil: More than a century of love and hate.

The “caçarema” ant, *Azteca chartifex spiriti*, is currently recognized as an efficient natural biological pest control agent in cocoa plantations in southeastern Bahia. However, this recognition was not always shared by stakeholders in the agricultural sector in the cocoa region. From the 19th century until the development of the Bahia Cocoa Institute (ICB), the “caçarema” was traditionally managed in cocoa plantations in order to reduce the impacts caused by various insects known as harmful to cocoa trees. When the Russian agronomist Gregório Bondar developed his seminal studies in Bahia, he mainly investigated the relationships between the “caçarema”, the cocoa tree and its associated fauna. Bondar estimated that the presence of the ant was responsible for serious damage to the crop and, based on his observations, published several recommendations for controlling the “caçarema”. These recommendations were later expanded, especially after the implementation of the Executive Commission for the Cocoa Crop Plan (CEPLAC) in the region, until around 1980. In 1964, ant control efforts culminated with the launch of the “First Campaign to Combat Cocoa Pests,” the aim of which was to mitigate the damage caused by insects to cocoa plantations in the region. During this campaign, tens of thousands of colonies of social insects were systematically eliminated, both mechanically and with the use of insecticides, predominantly hexachlorobenzene (BHC), then used for the chemical control of most of pest insects of cocoa trees in a regional scale. However, after this period, there was a gradual shift towards more ecologically sustainable management practices, including the recognition of the beneficial role of the ant in natural biological control. With the drastic reduction in the use of insecticides, mainly for ecological and economic reasons, and a deepening of knowledge about the insect community associated with cocoa crops, the problems previously attributed to *A. chartifex spiriti* were circumvented or minimized. Consequently, this species has become an indispensable ally in the sustainable management of cocoa plantations in Bahia.

Key words: *Theobroma cacao*, Gregório Bondar, Pedrito Silva, history of science, regional history, sustainability, BHC, management, social insect.

Introdução

A formiga *Azteca chartifex spiriti* Forel, 1912 (Formicidae, Dolichoderinae) é popularmente conhecida na Região Cacaueira do Sul da Bahia como “caçarema”. Desde o final do Século XIX, os produtores de cacau utilizam tradicionalmente ninhos ou fragmentos de ninhos dessa espécie para realizar o controle biológico de diversos insetos danosos ao cacaueiro (Torrend, 1917, 1918; 1919; Delabie, 1990; Delabie et al., 2007). Essa forma de manejo ainda é frequentemente utilizada por produtores na região (ver Lavigne, 1989), apesar de a formiga ter sido vigorosamente combatida pelos órgãos técnicos do cacau – Instituto de Cacau da Bahia (ICB) e Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (CEPLAC) – entre os anos 1920 e 1970.

O presente estudo, baseado numa ampla revisão bibliográfica, explora cerca de um século da história da percepção da caçarema na Região Cacaueira da Bahia, destacando as fases sucessivas de tipos de manejo que podem ser superficialmente categorizadas como manejo tradicional (até início da década de 1920), manejo baseado em controle químico (1920-1990) e

manejo sustentável (1990-atual). O trabalho detalha as circunstâncias que influenciaram as opiniões, muitas vezes contraditórias, que moldaram as relações entre caçarema, agrônomos, extensionistas e produtores de cacau do sul da Bahia. Nosso objetivo é sintetizar o conhecimento histórico e contemporâneo sobre a formiga na região, acompanhando o avanço das pesquisas que se iniciaram com os estudos do agrônomo russo Gregório Bondar. O estudo também aborda as consequências da “Primeira Campanha de Combate às Pragas” sobre a caçarema e outros insetos, incentivada pela CEPLAC em 1964 sob a liderança do agrônomo Pedrito Silva, que coincidiram com a expansão do uso do inseticida BHC na região. Com a proibição do BHC, o aumento do conhecimento sobre a comunidade de insetos que vivem nos cacauais, além da conscientização do mundo rural em prol de uma lavoura mais saudável, contribuíram significativamente para uma mudança de paradigma em relação à caçarema, embora desafios ainda persistam para a adequação de seu manejo.

Além disso, este estudo presta uma homenagem a dois grandes cientistas que dedicaram suas vidas à agricultura no estado da Bahia: Gregório Bondar e

Pedrito Silva. Gregório Bondar, além de um renomado entomologista, destacou-se como um eminente botânico e um prolífico divulgador de temas relacionados à agronomia tropical. Pedrito Silva, seguindo os passos de Bondar, desempenhou um papel crucial para levar o conhecimento científico da época sobre informações e tecnologias de controle à comunidade rural, impulsionando a produção de cacau na região. Embora as abordagens e conclusões atuais deste estudo possam, em alguns casos, parecer divergentes das desenvolvidas por esses pesquisadores e seus seguidores, elas refletem a evolução do conhecimento científico e o esforço contínuo para melhorar as práticas agrícolas na produção cacaueira. No entanto, é importante lembrar que o avanço do conhecimento científico é construído sobre uma longa sequência de acertos e desacertos, continuamente moldados pelo tempo e pela experiência. Esses dois cientistas contribuíram, cada um à sua maneira, para o desenvolvimento do conhecimento sobre a agricultura do cacau e sua fauna associada. Suas obras servem como base sobre o que se ergue o entendimento moderno, mostrando que a ciência é um campo em constante evolução, onde novas descobertas complementam e, por vezes, desafiam o conhecimento estabelecido.

Material e Método

Foram compiladas informações bibliográficas e arquivistas, especialmente aquelas disponíveis na Biblioteca do Centro de Pesquisa do Cacau, no Setor de Relações Públicas da CEPLAC, e em acervos particulares. A maioria das fontes utilizadas para discutir as variações de práticas de manejo de *A. chartifex spiriti* são citadas na Tabela 1.

Resultados e Discussão

História natural da formiga caçarema

A caçarema (*Azteca chartifex spiriti*) é uma formiga arborícola de tamanho médio, endêmica dos biomas de floresta úmida da Região Neotropical e extremamente comum nos agrossistemas cacaueiros do sul da Bahia. Embora aparentemente possuam apenas uma fêmea reprodutiva (rainha), os ninhos maduros podem abrigar uma população enorme, com várias dezenas ou até centenas de milhares de

operárias (Miranda et al., 2021), capazes de defender de modo quase instantâneo sua sociedade por suas mordidas (essas formigas não possuem ferrão) em caso de agressão à colônia. Os formigueiros, construídos a partir de um material semelhante a um papelão feito de fibras vegetais e resíduos orgânicos oriundos das próprias formigas, apresentam uma estrutura polidômica. A colônia está subdividida em uma construção central que forma um grande volume em forma piramidal ou cônica invertida, além de vários ninhos satélites de tamanhos variáveis (Bondar, 1939; Delabie et al., 1991; Fowler et al., 1996; Debout et al., 1996; Delabie et al., 2007; Miranda et al., 2021). Embora a polidomia sugira um investimento energético excepcionalmente elevado para uma única colônia, esta estratégia, associada à forte agressividade das formigas e ao patrulhamento constante das operárias, principalmente durante a noite (Benton, 1979), garante o seu domínio territorial. O território de uma única colônia pode se estender radialmente por até 20 metros em diversas árvores de médio ou grande porte (Delabie et al., 1991; Majer et al., 1994; Majer et al., 1994; Medeiros et al., 1995; Fowler et al., 1996; Miranda et al., 2021).

Assim como algumas outras espécies de formigas que habitam as copas dos cacaueiros, a caçarema ocupa uma posição de espécie dominante nas plantações do sul da Bahia (Majer et al., 1994). Essas formigas caracterizam-se por não compartilhar o mesmo espaço com outra espécie do mesmo nível de hierarquia. Dessa forma, elas se excluem mutuamente e espacialmente de um grupo de árvores para outro, formando uma comunidade em “patchwork”, conhecida como mosaico de formigas dominantes (Majer, 1972, 1976; Leston, 1973, 1978; Majer, 1993; Majer et al., 1994). Essa organização em mosaico foi inicialmente descoberta nos cacauais do Gana (Room, 1971; Majer, 1972) e foi progressivamente estudada em cacauais de diversos países africanos, da região oceânica e no Brasil (Majer, 1993; Majer et al., 1994). Esse modelo também foi encontrado em pomares e agroflorestas nas regiões temperadas e tropicais, e até mesmo em florestas (Leston, 1978; Ribeiro et al., 2013). A estrutura em mosaico é bastante estável ao longo do tempo (Medeiros et al., 1995) e constitui um elemento importante da estruturação das comunidades de formigas nos cacauais, com fortes implicações para o manejo das plantações em geral.

Tabela 1 – Estudos focalizando algum aspecto da biologia da caçarema ou das suas relações com a cacauicultura, distribuídos segundo uma sequência temporal, e a mensagem positiva ou negativa que passam aos leitores.

Referência	Descrição do conteúdo em relação à caçarema	Avaliação positiva ou negativa em relação com a cacauicultura
TORREND, 1917, 1918, 1919	Informações gerais, discute os aspectos tradicionais e o controle biológico do tripses-do-cacaueiro, <i>Selenothrips rubrocinctus</i> e <i>Monalonion</i> spp.	Positiva
BONDAR, 1922	Biologia geral, trofobiose com Hemiptera sugadores de seiva	Negativa
BONDAR, 1923	Informações gerais	Negativa
BONDAR, 1925	Biologia geral, compara os aspectos positivos e negativos, trofobiose com Hemiptera sugadores de seiva	Negativa
BONDAR, 1926	Comparação com a “formiga cuyabana” (<i>Nylanderia fulva</i>) também utilizada em controle biológico em meio rural	Negativa
BONDAR, 1939	Biologia geral, compara os aspectos positivos e negativos, trofobiose com Hemiptera sugadores de seiva	Negativa
SILVA, P, 1944	Biologia geral, generalidades, discute manejo, polinização, controle biológico, disseminação de podridão parda, trofobiose com Hemiptera sugadores de seiva	Negativa
SILVA, P, 1946	AV, comparação com a formiga <i>Azteca paraensis bondari</i> , praga dos cacaueiros	Negativa
SILVA, P, 1950	Trofobioses com Hemiptera sugadores de seiva	Negativa
SILVA, P, 1955	Biologia geral, trofobiose com Hemiptera sugadores de seiva	Negativa
Anônimo, 1964a	Informações gerais	Negativa
Apostila CEPLAC, s. d. (ca. 1970)	Usa os mesmos argumentos que SILVA (1944), defende controle químico	Negativa
VELLO, 1971	Avalia o impacto de polinizados no cacaueiro	Positiva
VELLO & MAGALHÃES, 1971	Teste a possibilidade de a caçarema efetuar polinização do cacaueiro, avalia o possível efeito “cairomônio” sobre os polinizadores	Positiva
LESTON, 1978	Controle biológico (mosaico de formigas dominantes)	Indeterminada
ABREU, 1979	Usa os mesmos argumentos que SILVA (1944)	Negativa
PEREIRA e CRUZ, 1984	Fazem uma avaliação do uso de insumos no controle de pragas e doenças do cacaueiro. Vêm “potencialidade” no uso da caçarema em controle biológico	Positiva
LAVIGNE, 1989	Faz um balanço entre os aspectos positivos e negativos de manter a formiga nos cacauais e recomenda a preservação de seus ninhos	Positiva
DELABIE, 1990	Histórico, generalidades sobre a biologia e o controle biológico	Positiva
SMITH FIGUEROA, 1990	Usa os mesmos argumentos que SILVA (1944)	Negativa
HARADA, 1990	Generalidades, focaliza o aspecto “praga”	Negativa
DELABIE et al., 1991	Descrição do ninho, características polidômicas	Positiva
MAJER & DELABIE, 1993	Compara a eficácia do controle biológico entre diversas espécies dominantes	Positiva
MEDEIROS et al., 1993	Interações com <i>Phytophthora</i> spp.	Negativa
MAJER et al., 1994	Controle biológico (mosaico de formigas dominantes)	Positiva
FOWLER et al., 1996	Descrição do ninho, características polidômicas	Indeterminada
MEDEIROS et al., 1999	Controle biológico	Positiva
DELABIE, 2001	Trofobiose com Hemiptera sugadores de seiva	Positiva
JOHNSON et al., 2001	Biologia geral, trofobiose com Hemiptera sugadores de seiva	Indeterminada
DELABIE e MARIANO, 2001	Controle biológico	Positiva
MAIA et al., 2001	Testes de inseticidas sobre a caçarema, considerando seu papel como agente de controle biológico	Positiva
DELABIE et al., 2007	Informações gerais, descrição do ninho, relações com outras formigas	Positiva
SANCHEZ, 2011	Controle biológico	Positiva
KOCH et al., 2020	Trofobiose com Hemiptera sugadores de seiva	Indeterminada
MIRANDA et al., 2021	Descrição do ninho, características polidômicas, distribuição da população no território da colônia	Positiva

Devido a essas características, *A. chartifex spiriti*, assim como táxons relacionados, tais como *Azteca chartifex* Emery, 1896, exerce um efeito negativo sobre a abundância e a diversidade de predadores ativos na copa das árvores, assim como sobre os insetos herbívoros (Torrend, 1917, 1918; Delabie, 1990; Majer e Delabie, 1993; Majer et al., 1994; Medeiros et al., 1999a, 1999b; Delabie e Mariano, 2001; Delabie et al., 2007; Soares et al., 2022b), e um efeito positivo sobre as árvores hospedeiras (Soares et al., 2022a).

O território ocupado e controlado por uma colônia dessas formigas é uma estrutura extremamente estável que forma uma comunidade com numerosos outros organismos facultativos ou obrigatórios, inclusive aves (Somavilla et al., 2013), vespas sociais, hemípteros, bactérias (Bitar et al., 2021, 2024) e provavelmente fungos. Na parte periférica do território da colônia, em particular, as operárias constroem abrigos frágeis com o mesmo material fibroso dos ninhos, nas extremidades dos galhos das árvores hospedeiras. Nesses abrigos ou, às vezes, fora desses, elas criam cochonilhas (Figura 1) que liberam uma secreção açucarada, o “honeydew”, que é uma importante fonte



Figura 1 – Operária de caçarema, *Azteca chartifex spiriti*, visando uma fêmea de Pseudoccidae para recolher o “honeydew”. Áreas Experimentais do Centro de Pesquisa do Cacau, 2023. Fotografia: Laís S. Bomfim.

de alimentação para essas formigas (Bondar, 1939; Delabie, 2001; Delabie et al., 2007; Koch et al., 2020; Miranda et al., 2021). Além dessa fonte de glucídios, as operárias, extremamente ativas e agressivas ao forragear, capturam todos os tipos de insetos que se aventuram no seu território e essas presas constituem sua principal fonte de proteínas (Miranda et al., 2021). Frequentemente, vespas encontram-se próximos aos formigueiros de caçarema. Esses ninhos, geralmente, são de vespas sociais dos gêneros *Polybia* Lepeletier, 1936 e *Angiopolybia* Araújo, 1946 (Vespidae), que constroem seus ninhos próximos aos da caçarema, às vezes em colônias enormes e muito ativas, provavelmente para evitar seus próprios predadores (Delabie, 1990; Somavilla et al., 2013; Souza et al., 2013; Le Guen et al., 2015).

Desde os estudos de Billes (1941), muitos dos pesquisadores que estudam a biologia do cacaueiro apontam o papel preponderante de diferentes grupos de insetos na polinização do cacaueiro, principalmente moscas da família Ceratopogonidae, pulgões ou formigas (ver estudos de Vello & Magalhães, 1971; Winder, 1978; Pouvreau, 1984; Toledo-Hernández et al., 2021; Toledo-Hernández et al., 2021; Nakayama, 2023; Nakayama & Costa e Souza, 2024). Em 1971, Fernando Vello e Walter Santos Magalhães publicaram um estudo sugerindo que a caçarema poderia atuar como um agente de atração dos polinizadores do cacaueiro através de um processo aleloquímico e não como agentes diretos desta polinização (Vello & Magalhães, 1971). Como as demais formigas da subfamília Dolichoderinae, *A. chartifex spiriti* possui um odor forte e persistente, característica do grupo biológico. Este odor é utilizado na comunicação entre indivíduos, para marcar o território da colônia, como feromônio de alarme e, provavelmente, como repelente contra parasitas e predadores (Silva, 1955; Vello e Magalhães, 1971; Delabie, 1990; Miranda et al., 2021). Silva et al. (1982) isolaram um dialdeído como principal componente, extraído da glândula anal dessas formigas, que é essencial como componente deste odor. Wheeler et al. (1975) extraíram cetonas de outras espécies de *Azteca* com efeito semelhante. Segundo a hipótese discutida por Vello & Magalhães, o odor intenso e persistente das formigas teria o efeito de atrair polinizadores do cacaueiro e de contribuir

assim para o aumento da produção de frutos. Desde 1917, Camilo Torrend observava que “As caçaremas gostam de lugares sombrios; por isso convirá escolher alguma árvore frondosa, em lugar bem abrigado para sua nova habitação.” No entanto, *A. chartifex spiriti* talvez tenha um maior sucesso na fundação de uma nova colônia quando se instala numa árvore com troncos e ramos maiores (Figura 2), mas é muito provável que a ocorrência numa árvore de uma população desta formiga predadora e extremamente ativa tenha um efeito positivo sobre a vegetação circundante ao ninho por diminuição da herbivoria (Harold Gordon Fowler, ca. 1990, Comunicação Pessoal). Em outros termos, a vegetação se torna frondosa por causa da presença da formiga enquanto a produção de cacau é beneficiada em razão de sua atividade predadora e do aumento de densidade da folhagem dos cacauzeiros.



Figura 2 - Um ninho principal de caçarema com o técnico José Raimundo Maia dos Santos ao lado, para dar a escala. Áreas Experimentais do Centro de Pesquisa do Cacau, Ilhéus, Bahia, cerca 1995. Fotografia: Jacques H.C. Delabie.

Histórico do manejo da caçarema nas plantações de cacau do Sul da Bahia

Desde o final do Século XIX os produtores de cacau têm usado tradicionalmente ninhos completos ou fragmentos de caçarema para manejar suas plantações de cacau através do controle biológico de diversos insetos prejudiciais ao cacauzeiro (Torrend, 1917, 1918, 1919; Delabie, 1990; Delabie et al., 2007). Já naquela época os fazendeiros haviam observado que, onde a formiga ocorria, a produção de cacau era maior e mais saudável. Isso ocorre porque a caçarema é um predador de tripes do cacau (*Selenothrips rubrocinctus* (Giard, 1901), Thysanoptera), lagartas, mirídeos (*Monalonion* spp., Miridae) e outros insetos que danificam a árvore e sua produção, como as vaquinhas do cacau (várias espécies de besouros da família Chrysomelidae) (Ferronato, 1988). Durante este período, a caçarema era vista como aliada dos cacauicultores, e este se caracteriza pelo manejo tradicional, influenciado principalmente pelas experiências dos produtores e pela falta de inseticidas que, nos anos seguintes, se tornariam a base do controle de insetos na agricultura mundial.

O agrônomo russo Gregório Gregorievitch Bondar (1881-1959) (Figura 3) é certamente o personagem mais importante da entomologia do Século XX na Bahia. Inicialmente professor e ativista político na Rússia, Bondar formou-se em agronomia em uma escola francesa em 1910. No ano seguinte, mudou-se para o Brasil, onde começou a trabalhar como entomologista



Figura 3 - Gregório Gregorievitch Bondar (de chapéu e gravata) na Estação Experimental de Água Preta (mais tarde: Escola Média e Agropecuária Regional da CEPLAC (EMARC) de Uruçuca, e hoje Instituto Federal Baiano - Campus Uruçuca), por volta de 1935. Fonte: Garcez, 1981.

no estado de São Paulo. Retornou à Rússia para lutar na Primeira Guerra Mundial, sendo preso por duas vezes: primeiramente por suas atividades políticas na juventude e, posteriormente, após ser anistiado durante a Revolução, por se unir ao movimento anti-bolchevique. Condenado à morte, conseguiu escapar e retornou ao Brasil. Foi contratado pelo Departamento de Agricultura do estado da Bahia em 1921 e, em 1932, transferido para o Instituto de Cacau da Bahia (ICB), onde chefiou a Estação de Experimentação de Água Preta [Uruçuca] até 1937 (Bondar, 1943). Bondar publicou extensivamente estudos botânicos e entomológicos, além de diversos manuais fundamentais para a cacaucultura (Bondar, 1938, 1939; Da Silva Filho e Nomura, 1981; Garcez, 1981). Seus estudos sobre a caçarema e seus hemípteros associados, iniciados em 1922, influenciaram profundamente os produtores de cacau nas décadas seguintes, dando início à fase de manejo químico, que perdurou por vários anos, até a década de 1990.

Antes de suas monografias sobre o cacau da década de 1930, Bondar publicou um artigo detalhado sobre a caçarema no primeiro número do *Correio Agrícola*, uma revista que se tornaria amplamente disseminada no mundo rural da Bahia naquela época (Bondar, 1923) e da qual Bondar foi um dos principais editores até 1933 (Figuras 4, 5) (Da Silva Filho e Nomura, 1981; Garcez, 1981). As observações e convicções de Bondar sobre a formiga, que contradiziam meio século de manejo tradicional de *A. chartifex spiriti* para fins de controle biológico pelos produtores de cacau, mantiveram-se consistentes ao longo de sua carreira (Bondar, 1922, 1926, 1939). Bondar abordou sucessivamente: i) a opinião dos produtores de que a formiga contribui para a fertilização das flores de cacau, afirmando que “cacaueiros com caçarema produzem mais frutos”; ii) que “a formiga protege o cacaueiro e seus frutos contra vários inimigos”; iii) observações de que a caçarema não é predadora, mas prefere criar insetos sugadores devido ao “honeydew” que eles produzem; iv) a presença de sociedades de vespas sociais próximas aos ninhos de caçarema afugentam os trabalhadores; v) que as caçaremas roem externamente os frutos do cacaueiro, provocando deformações (Bondar, 1939).

Dando sequência aos trabalhos iniciados por Bondar, Pedrito Silva (1917-1990) (Figura 6), um



Figura 4 - Capa do primeiro número do *Correio Agrícola* de 1923, do qual Bondar é um dos principais redatores e onde ele vai publicar um dos seus primeiros estudos sobre a caçarema. (Fonte: Biblioteca do CEPEC).



Figura 5 - ilustração extraída do principal estudo de Bondar sobre a caçarema publicado no primeiro número do *Correio Agrícola* de 1923, mostrando os cocídeos em abrigos construídos pela caçarema (Fonte: Biblioteca do CEPEC).



Figura 6 - Pedrito SILVA (de óculos, do lado esquerdo) durante a Primeira Campanha de Combate às Pragas do Cacaueiro em 1964 (Fonte: Arquivos da Entomoteca Gregório Bondar, SEFIT-CEPEC-CEPLAC).

agrônomo e entomologista que se destacou como seu discípulo (Da Silva Filho e Nomura, 1981; Soria, 1993). Cedo, ele se especializou na entomologia do cacaueiro (Silva, 1944, 1946, 1950, 1955, 1957), atuando em primeiro lugar no Instituto Biológico da Bahia e, posteriormente, no ICB. Em dezembro de 1963, foi transferido para a CEPLAC a pedido do Secretário Geral da época, Carlos Brandão. Pedrito Silva foi o primeiro presidente da Sociedade Entomológica do Brasil (1972-1975), entidade que ajudou a fundar juntamente com outros 42 entomologistas na Estação da CEPLAC de Uruçuca (21 a 25 de fevereiro de 1972), a mesma onde Bondar trabalhou (Zucchi & Parra, 2023). Pedrito Silva desempenhou um papel crucial na organização da “*Primeira Campanha de Combate às Pragas do Cacaueiro*”, lançada pela CEPLAC em 11 de julho de 1964 (Silva, 1964; Figuras 7A e 7B, 8). De fato, houve duas outras campanhas similares e anteriores no estado da Bahia, a primeira em 1946-1947, a segunda no início de 1954, sob a liderança do Instituto de Cacao da Bahia (Silva, 1964). No evento organizado pela CEPLAC, Pedrito Silva listou os problemas causados pela caçarema: i) a construção das “casas” (os formigueiros) cobre uma parte do tronco do cacaueiro impedindo a emissão de flores; ii) o peso dessas enormes estruturas faz virar os cacaueiros principalmente nas encostas; iii) a formiga, às vezes, rói a casca do fruto de cacau, facilitando sua contaminação por alguma doença; iv) ela provoca estragos indiretos pela criação de “piolhos”

(cochonilhas, ver Figura 1) sobretudo no pedúnculo de frutos jovens provocando seu “pêco”; vi) ela atrai marimbondos que dificultam a colheita; vii) “e também o que é mais grave”, dissemina eventualmente o fungo causador da podridão parda (*Phytophthora* spp.), nas épocas de surto. Naquele período, em entomologia agrícola, os insetos eram amplamente considerados como um dos principais problemas enfrentados pelos produtores de cacau, o que levou através desta Campanha, a uma mobilização intensa da extensão e da pesquisa para envolver toda a comunidade cacaueira – incluindo fazendeiros, administradores e operários de campo (Rangel, 1982). A relação entre a



Figura 7 - "Campanha de Combate às Pragas", julho de 1964. A- Sessão solene de lançamento da campanha no auditório da Cooperativa dos Agricultores de Itabuna, com representantes técnicos e políticos da região cacaueira. (Fonte: Cacao Atualidades, 1964). B- Carlos Brandão, Secretário-Geral da Ceplac [mais tarde, Presidente do Banco Central do Brasil (Banco Central do Brasil, 2019)], declara a guerra às caçaremas, formigas-de-enxerto, cupins, marimbondos e outras "pragas" (Fonte: Arquivos do Museu da CEPLAC, Ilhéus, Bahia).

ocorrência da formiga e da podridão parda é real e foi verificada mais tarde por Medeiros et al. (1993).

No seu número de dezembro de 1964, Cacao Atualidades (Anônimo, 1964b), então a principal mídia divulgando informações sobre a mais importante produção agrícola da Região Cacaueira da Bahia naquela época, publicava o balanço da Campanha assim:

“Cepec: Mais de Cem Mil Ninhos de Pragas Destruidos. 141.748 ninhos de insetos-pragas do cacau foram destruídos na área do Centro de Pesquisas do Cacau, no período de março a dezembro deste ano. Executando, internamente, a campanha de combate às pragas do cacau, o setor de Entomologia e Zoologia Agrícola do CEPEC destruiu 68.681 ninhos de formigas caçarema, 56.141 de formigas de enxerto* (...) e 16.926 de cupim**.”

*Azteca paraensis bondari Borgmeier, 1937.

**A princípio, ninhos de Nasutitermes spp., sendo que Nasutitermes corniger (Motschulsky, 1855) predomina nas áreas experimentais do CEPEC (Reis et al., 2009).

Uma publicação bem mais recente da CEPLAC destinada aos produtores de cacau do estado do Espírito Santo, onde a formiga ocorre também (Smith Figueroa, 1990), resume assim a situação da caçarema durante as décadas seguintes: “É ainda considerada por alguns agricultores como benéfica. Na realidade, é uma praga, e, como tal, deve ser combatida”. Apesar de informações gerais sobre pragas do cacaueiro publicadas logo depois da Campanha e que parecem ignorar o papel negativo da caçarema (Silva et al., 1964; Soria et al., 1965), a literatura que cita A. chartifex spiriti mostra que as posições assumidas por duas gerações de entomologistas permaneceram praticamente imutáveis desde o trabalho seminal de Gregório Bondar de 1923, enquanto que, por sua vez, Pedrito Silva procurou desenvolver os meios técnicos de resolver os problemas levantados pelos insetos danosos ao cultivo do cacaueiro com o conhecimento e a tecnologia disponíveis nas décadas seguintes, especialmente com o uso de inseticidas tais como o BHC.

Anos BHC

O período de intensa atuação pelos órgãos de pesquisa e extensão no campo coincidiu com a intensificação do uso de agentes químicos, em

particular, o inseticida Hexaclorobenzeno (BHC) no controle de pragas em geral (Figuras 8-13). Esse produto, do grupo dos organoclorados ao qual pertencem também os inseticidas diclorodifeniltricloroetano (DDT), dodecacloro ou a clordecona, foi desenvolvido depois da Segunda Guerra Mundial, passando a ser amplamente comercializado no mundo todo, em particular na Região Cacaueira da Bahia onde foi aplicado para tentar resolver os problemas entomológicos das plantações em geral. Depois do uso quase exclusivo do BHC na região, esse passou a ser criticado pelos órgãos que outrora recomendavam seu uso (Pereira e Cruz, 1984; Berbert e Cruz, 1986), sendo totalmente proibido no Brasil pela Portaria 329 de 02/09/1985 do Ministério da Agricultura em função de sua elevada toxicidade, mas, sobretudo, de sua permanência e persistência no meio ambiente poluindo solos e águas continentais (MAPA, 1985). Ele é um contaminante importante em alimentos, se acumulando inclusive na espécie humana, com numerosas consequências na saúde como os demais organoclorados citados. Há numerosos documentos e registros de recomendações de uso do BHC pela CEPLAC a partir de 1964, quando era considerado um produto de baixa periculosidade e amplo espectro de ação, a fim de controlar os principais insetos danosos ao cultivo do cacaueiro (Figuras 8, 11). Pelo menos no início, o inseticida era distribuído pela empresa de Ilhéus “CIMAG” que recebeu apoio financeiro da CEPLAC (Cruz, 2014). Foi neste período que a aplicação de inseticidas e fungicidas por meio de aviação agrícola se desenvolveu, sendo inclusive testado por pulverização via helicóptero na CEPLAC em propriedades nos municípios de Ilhéus e Uruçuca (Anônimo, 1965; Silva et al., 1965; Ventocilla et al., 1966; Montoya et al., 1980; Figura 12). Seu uso na região cacaueira teve o ápice em 1979 um pouco antes de sua proibição (Figura 13). Apesar dessa proibição, estoques importantes continuaram a ser comercializados clandestinamente e existem alguns testemunhos de seu uso provavelmente até os anos 1990 (Pereira e Cruz, 1984).

A aplicação quase sistemática do BHC nas copas dos cacaueiros teve um impacto significativo sobre toda a fauna da Região Cacaueira e na saúde dos trabalhadores, contribuindo para a alteração do equilíbrio ecológico que caracteriza as comunidades



Figura 8 - Panfleto para a "Campanha de Combate às Pragas do Cacau", 1964: "... FORMIGA CAÇAREMA: Reduz a floração. O peso de sua "casa" inclina e quebra os galhos. Cria e protege os "piolhos", "pulgões" e outros insetos nocivos. Faz alastrar a podridão parda...". Inseticida recomendado: BHC. (Fonte: Arquivos Celio Dorotéa Santos).



Figura 9 - Preparação de demonstração de aplicação de BHC (em embalagem CIMAG) para o controle de insetos pragas em 1964 (Fonte: Arquivos da Entomoteca Gregório Bondar, SEFIT-CEPEC-CEPLAC).

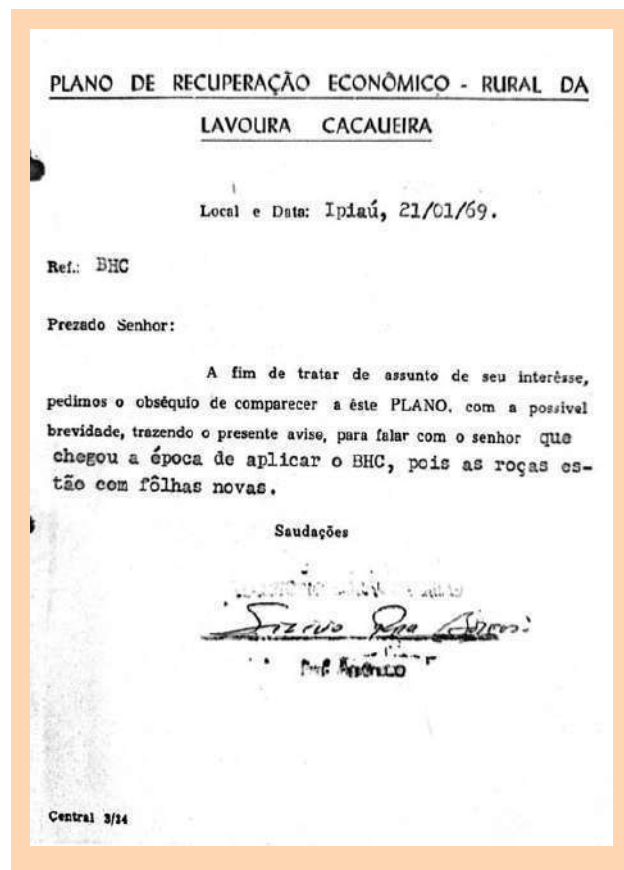


Figura 11 - Convocação de produtor no Escritório Local da CEPLAC de Ipiáu em janeiro de 1969, visando recomendação de aplicação de BHC (Fonte: Arquivos Celio Dorotéa Santos).



Figura 10 - Demonstração de aplicação de BHC para controle de insetos pragas em 1964 (Fonte: Arquivos da Entomoteca Gregório Bondar, SEFIT-CEPEC-CEPLAC).



Figura 12 - Teste de polvilhamento de BHC no CEPEC por helicóptero em fevereiro de 1964 (Fonte: Arquivos da Entomoteca Gregório Bondar, SEFIT-CEPEC-CEPLAC).

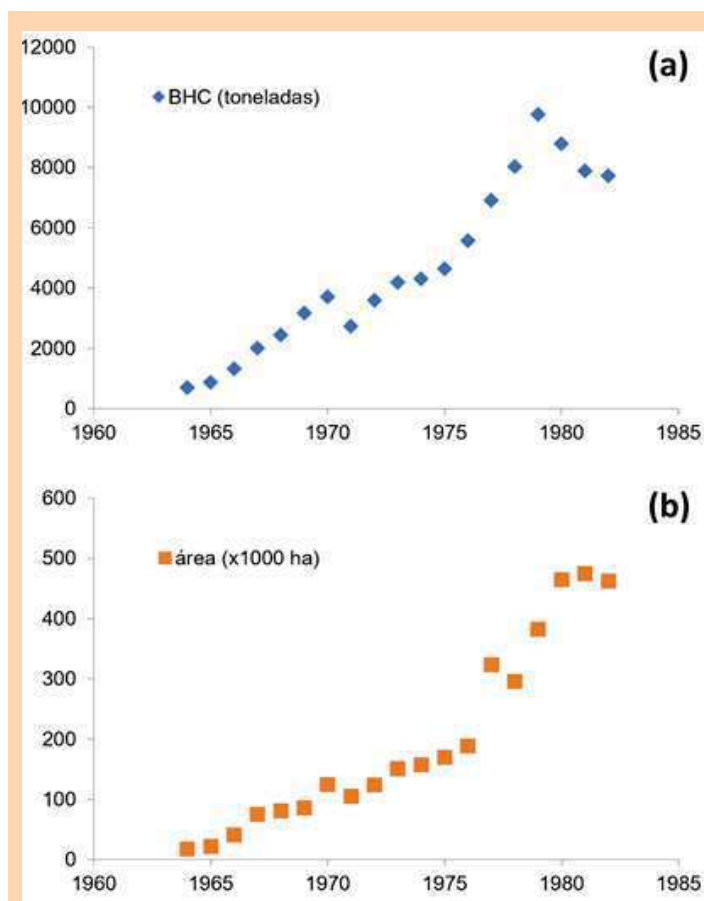


Figura 13 - Quantidades de BHC (a) e área de plantações da Região Cacaueira da Bahia (b) que receberam aplicação do inseticida no período de 1964 a 1982 (Fonte: Pereira e Cruz, 1984).

de organismos locais. Antônio de Almeida Cruz atribui a proliferação de ratos ao “funesto uso do BHC, que dizimou as cobras” (Cruz, 2014). A proliferação da formiga “pixixica”, *Wasmannia auropunctata*, nos cacauais também é um fenômeno do período pós-BHC, uma espécie que causa muito incômodo aos trabalhadores através de suas dolorosas ferroadas (Delabie, 1988, 1990; Delabie et al., 2007). Essa formiga é um habitante natural da serapilheira das florestas e plantações da região, mas sua proliferação ocorre principalmente quando se associa a *Pseudococcidae* na copa dos cacauzeiros. Esse aumento populacional é mais evidente quando outras formigas dominantes da vegetação, como a caçarema (Majer et al, 1994), são eliminadas. Tal situação foi observada durante a “Campanha de Combate às Pragas do Cacaueiro” assim como nos anos

seguintes. Uma evidência desse fenômeno é que a pixixica deixou de ser um problema após a redução do uso indiscriminado de inseticidas e a suspensão da eliminação de formigueiros de caçarema na região.

Situação atual e o futuro do manejo

Em 1962, Rachel Carson publicou “Silent Spring” (Primavera Silenciosa) nos Estados Unidos, onde atribui aos inseticidas sintéticos a responsabilidade por diversos problemas ambientais (Carson, 1962). Esse livro desencadeou uma verdadeira revolução na conscientização ambiental em muitos países, levando a uma reavaliação crítica e rigorosa do uso de inseticidas na saúde pública e na agricultura. Embora não tenha sido o único fator que levou à proibição do BHC, nem o principal, a obra de Carson contribuiu significativamente para que os organoclorados e outros inseticidas potencialmente danosos à saúde e ao meio ambiente fossem mais bem controlados ou proibidos na agricultura. Aliado ao que foi apontado por Carson, os conceitos e práticas sobre Manejo Integrado de Pragas que surgiram entre 1956 e 1966 (Bartlett, 1956, Geier e Clark, 1961 e Geier, 1966), foram se consolidando ao longo das décadas seguintes e substituindo o controle de insetos baseado somente em agroquímicos por outras técnicas mais conservacionistas, a exemplo do controle biológico.

O principal argumento em favor da conservação e manejo de *A. chartifex spiriti* nos cacauais do sul da Bahia é que essa formiga desempenha um importante serviço em prol da agricultura, pois em áreas onde ocorre, o uso de inseticida torna-se completamente desnecessário. A caçarema é um predador ativo e extremamente eficiente, o que corrobora as observações de Torrend desde 1917 sobre o manejo tradicional. No entanto, apesar do consenso quanto à importância de sua preservação para manter um alto nível de controle biológico natural, ainda persistem diversos desafios a serem enfrentados.

A seguir, comentamos um a um os aspectos negativos da formiga apontados por Gregório Bondar, Pedrito Silva (do qual seguimos os argumentos negativos de seu panfleto de 1955) e seus seguidores:

i) As suas “casas” dificultam e evitam a emissão de uma boa porcentagem de flores, pela área que recobrem no tronco. Os ninhos principais de caçarema, que possuem tamanho significativo suficiente para cobrir grandes áreas de troncos e galhos se localizam quase em sua totalidade nas árvores de sombreamento do cacaual (Figura 2, Miranda et al., 2021). Os próprios cacaueiros, geralmente, não possuem troncos e galhos significativamente largos para suportar grandes estruturas desse tipo. O recobrimento do tronco seria facilmente evitado com o manejo dos formigueiros (como parece que era comumente feito durante o período tradicional), sendo estes deslocados dos cacaueiros para as árvores de sombreamento.

ii) O seu peso faz vergar ou quebrar os ramos e, mesmo, “virar” o cacaueiro. É verdade que a caçarema frequentemente instala seu(s) formigueiro(s) nos galhos de um cacaueiro, como já fotografado por Bondar (1939), mas os formigueiros maiores dessa espécie quase sempre estão construídos abaixo de galhos e troncos de grandes dimensões de árvores de sombreamento (Figura 2, Miranda et al., 2021). Ninhos grandes em cacaueiros são raros porque o galho suporte tem raramente um diâmetro suficiente onde a estrutura possa se suspender. Geralmente nos cacaueiros são observados ninhos periféricos, enquanto o formigueiro principal está na árvore de sombreamento vizinha. Aliás, formigueiros que crescem demais e estão fixos em galhos estreitos têm tendência a se fragmentar e cair, sobretudo em período de chuva. Ainda assim, mesmo se a asserção de cima fosse constatada, é fácil um golpe de foice derrubar uma parte do formigueiro para aliviar o peso.

iii) Embora raramente, estraga o fruto, roendo a casca. Neste caso, além do fruto se apresentar com mau aspecto, os ferimentos podem constituir portas abertas às moléstias. Esse fato é raramente testemunhado, e não pode se caracterizar como um dano de importância econômica. A casca do fruto pode ter sido superficialmente roída, mas a formiga não chega a abrir o mesmo dando acesso à polpa e às sementes. O aspecto do fruto não deve ser um fator relevante na produção de cacau, pois o objetivo do agricultor é a produção de “amêndoas”. Com relação às moléstias, se considerarmos a infecção por *Phytophthora* spp, frequentemente associada à

caçarema por Bondar e Pedrito Silva e verificada por Medeiros et al. (1993), esta pode se dar através de outros mecanismos, não importando se há ou não algum ferimento na planta.

iv) Cria, deliberadamente, “piolhos”, “cigarrinhas” e “pulgões” que extraem uma quantidade incalculável de seiva do cacaueiro para seu alimento e, quando criados nos pedúnculos da flor, do “fruto”, podem provocar o “pêco” desses órgãos. A maioria das formigas arborícolas e, sobretudo, as espécies dominantes do ponto de vista populacional ou comportamental e que participam do mosaico de espécies dominantes (vide Leston, 1978, Majer, 1993, Majer et al., 1994), tais como a caçarema, criam insetos sugadores que lhe oferecem a base de sua alimentação, tanto no que diz respeito às proteínas quando aos açúcares (através do “honeydew”, vide Delabie, 2001). Essa formiga cria majoritariamente Coccidae na periferia de seu território (Miranda et al., 2021), ela se alimenta somente eventualmente em outros Hemiptera. Nas regiões tropicais, as formigas têm aversão a espaços vazios e uma planta onde foi aplicado um inseticida será rapidamente recolonizada por uma formiga qualquer. A pixixica é muito competitiva quanto a isso, mas não conseguirá se instalar na copa de uma planta onde *A. chartifex spiriti* está instalada. Para um produtor, fica mais barato manter uma população dessa formiga que mantém limpos e produtivos os cacaueiros onde atua (Medeiros et al. 1999a, 1999b), apesar de criar insetos sugadores, do que o custo de aplicação de um inseticida, sabendo que o problema pode se tornar maior com a proliferação potencial de outros insetos e do risco de poluição química da sua produção.

v) Incomoda aos operários que realizam as operações de colheita e limpeza dos cacaueiros por ela habitada, fazendo perder-se tempo precioso. Apesar de ser uma queixa recorrente dos trabalhadores das roças de cacau, dentre todos os problemas apontados, este seria o de mais fácil solução, bastando se adotar o uso de equipamentos de proteção individual – EPI, para evitar o contato com as formigas. É fácil concluir que, no período durante o qual Gregório Bondar e Pedrito Silva atuavam, ou mesmo antes, equipamentos de proteção individual nem eram cogitados (ver Figuras 9 e 10). Ao longo dos anos, os efeitos de agroquímicos sobre agricultores e acidentes

com animais peçonhentos ou agressivos levaram à necessidade de desenvolver equipamentos modernos e relativamente confortáveis que facilmente contornariam este problema. Os autores, no entanto, concordam que o manejo de cacauais onde ocorrem caçarema, pixixica ou marimbondos, necessita de uma atenção constante a fim de se evitar mordidas (caçarema) ou ferroadas (pixixica e vespas).

vi) Atrai, para suas vizinhanças, os “marimbondos” que, formando “gambôas”, impedem as operações de colheita e limpeza de dezenas de cacauzeiros. Tais “gambôas” ficam anos a fio sem serem tocadas, principalmente quando a “limpa” é realizada sob o regime de “empreitada”, o que é usual. É verdade que numerosas espécies de vespas sociais se instalam com frequência perto de formigueiros de *A. chartifex spiriti* (Figura 14). Apesar dos mecanismos desse tipo de mutualismo não serem plenamente entendidos, é certamente muito vantajoso para uma vespa construir seu ninho perto de uma formiga muito mais agressiva do que ela e com um ninho muito populoso. Além disso, essas vespas têm mecanismo de defesa passiva que evitam a invasão do vespeiro pelas formigas. É certo que a ferroada dessas vespas possa dificultar a colheita, mas a conservação (em determinadas condições) pode se tornar benéfica ao agricultor, já que esses insetos são eficientes predadores de lagartas e outros insetos; desse modo as vespas sociais praticam um controle biológico natural ativo.

vii) Contribui para a disseminação da “podridão parda”, conduzindo, no seu corpo, as “sementes” do fungo causador dessa moléstia. Isso é certamente a nosso ver, o principal problema causado pela manutenção da caçarema nos cacauais como já apontado por Medeiros et al. (1993) (Figura 14). A podridão parda não é um problema ligado à formiga em particular, e sua disseminação é frequentemente favorecida por condições climáticas favoráveis quando a copa dos cacauzeiros está densa e fechada. Onde ocorre a formiga a vegetação se torna mais frondosa e, como consequência, é certamente o fechamento desta, através do aumento da umidade no local, que favorece a disseminação da doença fúngica nas plantas no entorno do formigueiro. Certamente um manejo apropriado através de uma poda direcionada, facilitando a ventilação da plantação irá amenizar o problema com a podridão parda.

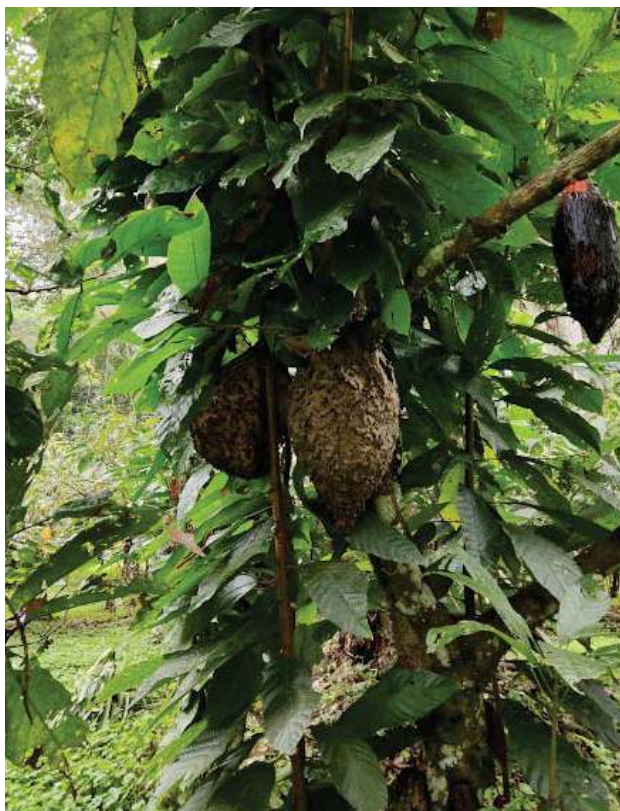


Figura 14 - Formigueiro de caçarema estabelecido num cacauai com dois dos principais problemas apontados por Gregório Bondar, Pedrito Silva e seguidores: presença de um ninho de *Polybia rejecta* e contaminação de fruto por podridão parda. Áreas Experimentais do Centro de Pesquisa do Cacau, 2023. Fotografia: Laís S. Bomfim.

Apesar destes diversos apontamentos negativos apresentados, não existem estudos recentes que demonstrem que *A. chartifex spiriti* seja um inseto que atingiu o “status” de praga no cultivo do cacau. Inclusive, esta espécie não está incluída na lista de pragas do cacauzeiro e nem na lista de pragas gerais do AGROFIT (2024) ou nos livros clássicos de entomologia agrícola no Brasil, tais como “Inseticidas e seu emprego no combate às pragas” (Mariconi, 1976, 1988) e “Entomologia agrícola” (Gallo et al., 2002).

Perspectivas

Diante do que foi exposto, é importante considerar os benefícios potenciais que colônias de *A. chartifex spiriti* podem trazer para os sistemas agroflorestais cacauzeiros. Os aspectos negativos considerados acima

e que nem sempre foram bem esclarecidos, se comprovadamente danosos aos cacaueiros, são, em sua grande maioria, fáceis de solucionar. O que se pode deduzir deste estudo é que existem grandes lacunas ainda a serem exploradas na relação entre a caçarema e o cultivo do cacaueiro, especialmente no que diz respeito ao controle biológico promovido por esta formiga nos sistemas agroflorestais.

Uma questão importante, que pode facilitar o controle biológico num programa de manejo ecológico das plantações de cacaueiros do Sul da Bahia, é de conseguir multiplicar os formigueiros. Tudo indica que a caçarema seja monogínica (uma única fêmea reprodutiva) e não há informação sobre a reprodução dessa formiga. Não existe nenhuma técnica conhecida de multiplicação de formigueiros bem-sucedida, pois nas condições de divisão de uma colônia em fragmentos a fim de espalhá-los numa plantação, como se vê frequentemente nas fazendas, esses entram em decadência irreversível em poucas semanas, só sobrevivendo o fragmento com a rainha. Já nos primeiros estudos científicos sobre pragas e manejo do cacaueiro, o Padre Camillo Torrend (1917-1919) recomendava fortemente de evitar essa prática.

Finalmente, como o mostram diferentes estudos publicados em anos recentes (Bitar et al., 2021, 2024; Miranda et al., 2021; Soares et al., 2022a, 2022b), há muito que ainda investigar sobre as formigas do grupo de *Azteca chartifex*, tanto pela sua natureza de espécie que domina o dossel, quanto à riqueza de suas interações bióticas com organismos extremamente diversificados. Além de ser um agente de controle biológico como enorme potencial de uso para uma agricultura mais saudável e sustentável, ela constitui um excelente modelo para estudos em ecologia de população e das interações.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao pessoal dos setores de comunicação, arquivos e de biblioteca da CEPLAC, em particular Marinalva Cordeiro, Jacqueline do Amaral, Josias José da Silva e Gildefran Alves Dimpino de Assis, por seu auxílio ou por disponibilizar seus acervos para a realização desta pesquisa. J.T.S. e L.S.B. agradecem suas bolsas de estudo da CAPES, J.L.S., sua bolsa PIBIC do CNPq. J.H.C.D. e C.S.F.M. são bolsistas de Produtividade em Pesquisa do CNPq.

Literatura Citada

- ABREU, J. M. 1979. Formigas e ácaros do cacaueiro. IV Curso Internacional do Cacau. Ilhéus, Bahia, CEPLAC/CEPEC. 10p.
- AGROFIT. SISTEMA DE AGROTÓXICOS FITOSSANITÁRIOS. 2024. Brasília, DF, MAPA. Disponível em : <https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 28/08/2024.
- ANÔNIMO. 1964a. Série - Inimigos do Cacaueiro, Formiga caçarema. Cacau Atualidades 1(4): 9-10.
- ANÔNIMO. 1964b. CEPEC: Mais de cem mil ninhos de pragas destruídos. Cacau Atualidades 1(11-12): 10.
- ANÔNIMO. 1965. Entomologistas ingleses comentam experiência aerofitossanitária da CEPLAC. Cacau Atualidades, 2(2): 25.
- APOSTILA CEPLAC. 1970. Pragas do Cacaueiro na Bahia e Espírito Santo. Apostilha de Curso. EMARC/CEPLAC/Uruçuca, BA. 11p. (Datilografado).
- BANCO CENTRAL DO BRASIL. 2019. Carlos Brandão. Coleção História Contada do Banco Central do Brasil. v. 8. Brasília, DF, Banco Central do Brasil. 180p.
- BARTLETT, B.R. 1956. Natural predators. Can selective insecticides help to preserve biotic control? Agronomic Chemistry 11(2): 42-44.
- BENTON, F. P. 1979. Atividade diária da formiga caçarema *Azteca chartifex* Forel no cacaueiro. Informe Técnico n.182. CEPEC/CEPLAC/ Ilhéus, Bahia.
- BERBERT, P. R. F.; CRUZ, P. F. N. 1986. Níveis residuais de BHC nos principais rios e lagos da Região Cacaueira do Sul da Bahia, Brasil. Revista Theobroma 16(2): 89-96.
- BILLES, D. J. 1941. Pollination of *Theobroma cacao* L. in Trinidad. Tropical Agriculture 18(8): 151-156.
- BITAR, M. R. et al. 2021. Gram-negative bacteria associated with a dominant arboreal ant species outcompete phyllosphere-associated bacteria species in a tropical canopy. Oecologia 195: 959-970.
- BITAR, M. R. et al. 2024. Bacterial communities associated with a polydomous arboreal ant: inter-nest variation and interaction with the phyllosphere of a tropical tree. Myrmecological News 34:119-127.
- BONDAR, G. 1922. As lendas e a verdade sobre a formiga caçarema da Bahia e seu papel na lavoura. Chácaras e Quintais 26(4): 369-371.
- BONDAR, G. 1923. A formiga caçarema e seu papel na lavoura. Correio Agrícola (Bahia) 1(1) 12-15.

- BONDAR, G. 1925. O cacau – II. Moléstias e inimigos do cacauzeiro no Estado da Bahia. Salvador, Bahia, Secretaria da Agricultura, Indústria, Comunicação, Viação e Obras Públicas. 126p.
- BONDAR, G. 1926. Formiga cuyabana e formiga caçarema. Boletim de Patologia Vegetal do Estado da Bahia nº 3. Salvador, Bahia. pp. 95-97.
- BONDAR, G. 1938. Fatores Adversos e Moléstias do Cacau na Bahia. Instituto de Cacau da Bahia, Boletim Técnico nº 2, Série Pragas e Moléstias. Salvador, Bahia. 89p.
- BONDAR, G. 1939. Insetos Daninhos e Parasitas do Cacau na Bahia. Instituto de Cacau da Bahia, Boletim Técnico nº 5, Série Pragas e Moléstias, Bahia: Salvador, 112p.
- BONDAR, G. 1943. Gregório Gregorievich Bondar – Dados biográficos. Revista de Entomologia 14 (1-2): 313-319.
- CARSON, R. 1962. Silent Spring. Boston: Houghton Mifflin Harcourt. 368p.
- CRUZ, A. A. 2014. blog de Antônio de Almeida Cruz, antoniodealmeidacruz.wordpress.com, “CEPLAC”, postado em 20/07/2014 <consultado em 20/08/2024>
- DA SILVA FILHO, J.; NOMURA, H. 1981. Gregório Bondar (1881-1959) - Bibliografia. Instituto de Cacau da Bahia/ Itabuna, Bahia. 54p.
- DELABIE, J. H. C. 1988. Ocorrência de *Wasmannia auropunctata* (Hymenoptera, Formicidae, Myrmicinae) em cacauais na Bahia. Revista Theobroma 18 (1):29-37.
- DELABIE, J. H. C. 1990. The ant problems of cocoa farms in Brazil. In: Vander Meer, R. K.; Jaffe, K.; Cedeño, A. (Eds). Applied Myrmecology: a World Perspective. Boulder (Colorado, USA): Westview Press. pp.555-569.
- DELABIE, J. H. C. 2001. Trophobiosis between Formicidae and Hemiptera (Sternorrhyncha and Auchenorrhyncha): an overview. Neotropical Entomology 30(4): 501-516.
- DELABIE, J. H. C.; MARIANO, C. S. F. 2001. Papel das formigas (Insecta: Hymenoptera: Formicidae) no controle biológico natural das pragas do cacauzeiro na Bahia: síntese e limitações. In: International Cocoa Research Conference, 13, Volume 1 (Kota Kinabalu, Sabah, Malaysia, 2000), Cocoa Producer's Alliance, Percetakan Pendalaman Keningau, Sabah, Malásia. Proceedings. pp.725-731.
- DELABIE, J. H. C.; BENTON, F. P.; MEDEIROS, M. A. 1991. La polydomie chez les Formicidae arboricoles dans les cacaoyères du Brésil: optimisation de l'occupation de l'espace ou stratégie défensive?. Actes des Colloques Insectes Sociaux 7:173-178.
- DELABIE, J.H.C. et al. 2007. Contribution of cocoa plantations to the conservation of native ants (Insecta: Hymenoptera: Formicidae) with a special emphasis on the Atlantic Forest fauna of southern Bahia, Brazil. Biodiversity and Conservation 16: 2359-2384.
- DELABIE, J.H.C. 2021. Trophobiosis between Formicidae and Hemiptera (Sternorrhyncha and Auchenorrhyncha): an overview. Neotropical Entomology 30(4): 501-516.
- FOWLER, H. G.; MEDEIROS, M. A.; DELABIE, J. H. C. 1996. Carton nest allometry and spatial patterning of the arboreal ant *Azteca chartifex spiriti* (Hymenoptera, Formicidae). Revista Brasileira de Entomologia 40(3/4): 337-339.
- GALLO, D. et al. 2002. Entomologia agrícola. Piracicaba, SP, FEALQ. 920p.
- GARCEZ, A.N.R. 1981. Centenário de Gregório Bondar. Salvador, Bahia, Instituto de Cacau da Bahia. 149p.
- GEIER, P. W.; CLARK, L. R. 1961. An ecological approach to pest control. In: Eighth Technical Meeting. International Union of Conservation of Nature and Natural Resources, Warsaw. Proceedings. pp.10-18.
- GEIER, P. W. 1966. Management of insect pests. Annual Review of Entomology, 11(1): 471-490.
- JOHNSON, C. et al. 2001. *Acropyga* and *Azteca* ants (Hymenoptera: Formicidae) with scale insects (Sternorrhyncha: Coccoidea): 20 million years of intimate symbiosis. American Museum Novitates (3335): 1-18.
- KOCH, E. B. A. et al. 2020. Diversity and structure preferences for ant-hemipteran mutualisms in cocoa trees (*Theobroma cacao* L., Sterculiaceae). Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Ciências Naturais, 15 (1): 65-81.
- LAVIGNE, G. L. 1989. Abordagem ao cultivo do cacau, Novas Propostas, uma experiência Vitoriosa na Fazenda Luliana. 162p.
- LE GUEN, R. et al. 2015. Reciprocal protection from natural enemies in a ant-wasp association. Comptes Rendus Biologies 338(4): 255-259.
- LESTON, D. 1973. The ant mosaic, tropical tree crops and the limiting of pests and diseases. Proceedings of the National Academy of Sciences 19: 311-341.
- LESTON, D. 1978. A Neotropical ant mosaic. Annals of the entomological Society of America 71(4): 649-653.
- MAIA, V. B.; BUSOLI, A. C.; DELABIE, J. H. C. 2001. Seletividade fisiológica de endossulfam e deltametrina

- às operárias de *Azteca chartifex spiriti* For. (Hymenoptera: Formicidae) em agrossistema cacaueiro do sudeste da Bahia. *Neotropical Entomology* 30 (3): 449-454.
- MAJER, J. D. 1972. The ant mosaic in Ghana cocoa farms. *Bulletin of Entomological Research* 62: 151-160.
- MAJER, J. D. 1993. Comparison of the arboreal ant mosaic in Ghana, Brazil, Papua New Guinea and Australia – its structure and influence on arthropod diversity. In: LASALLE, J.; GAULD, I. D. (Eds.). *Hymenoptera and Biodiversity*. Wallingford, CAB International. pp.115-141.
- MAJER, J. D.; DELABIE, J. H. C. 1993. An evaluation of Brazilian cocoa farm ants as potential biological control agents. *Journal of Plant Protection in the Tropics* 10(1): 43-49.
- MAJER, J.D.; DELABIE, J.H.C.; SMITH, M.R.B. 1994. Arboreal ant community patterns in Brazilian cocoa farms. *Biotropica* 26(1): 73-83.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO - MAPA. 1985. Portaria nº 329, de 02 de Setembro de 1985.
- MARICONI, F. A. M. 1976. Inseticidas e seu emprego no combate às pragas. Tomo II - Pragas das plantas cultivadas e dos produtos armazenados. 3 ed. São Paulo, Nobel. 466p.
- MARICONI, F. A. M. 1988. Inseticidas e seu emprego no combate às pragas. Tomo II- Pragas das plantas cultivadas e dos produtos armazenados. 6 ed. São Paulo, SP, Nobel. 466p.
- MEDEIROS, M.A.; FOWLER, H.G.; DELABIE, J.H.C. 1993. Interactions of Black Pod Disease (*Phytophthora* spp.) and the ant, *Azteca chartifex spiriti*, in Bahian cocoa plantations. *Agrotrópica* 5(3):65-68.
- MEDEIROS, M. A.; FOWLER, H.G.; BUENO, O.C. 1995. Ant (Hym., Formicidae) mosaic stability in Bahian cocoa plantations: implications for management. *Journal of Applied Entomology* 119:411-414.
- MEDEIROS, M. A.; DELABIE, J. H. C.; FOWLER, H.G. 1999a. Formiga ataca pragas do cacau. *Ciência Hoje* 26(152): 59-61.
- MEDEIROS, M. A.; DELABIE, J. H. C.; FOWLER, H.G. 1999b. Predatory potential of the ant *Azteca chartifex spiriti* (Hymenoptera: Formicidae). *Científica* (São Paulo) 27(1/2): 41-46.
- MIRANDA, V. L. et al. 2021. Nest spatial structure and population organization in the Neotropical ant *Azteca chartifex spiriti* Forel, 1912 (Hymenoptera, Formicidae, Dolichoderinae). *Annales de la Société entomologique de France*, 57(6): 499-508.
- MONTOYA, L. J.; RAM, A.; MEDEIROS, A. G. 1980. Estudo da economicidade do controle da podridão parda do cacaueiro com fungicida cúprico aplicado por helicóptero. *Boletim Técnico* n.79. Ilhéus, Bahia, CEPLAC/CEPEC. 37p.
- NAKAYAMA, K. 2023. Polinização e técnica de infestação artificial do cacaueiro (*Theobroma cacao* L. 1737) com o pulgão *Aphis gossypii* (Glover, 1877), [Hemiptera: Aphididae]. *Agrotrópica* 35(1):61-84.
- NAKAYAMA, K.; COSTA e SOUZA, I. 2024. Polinização do cacaueiro. In: Inovações tecnológicas no cultivo e exploração do cacaueiro. VIRGENS FILHO, A.C.; PRADO, J. E. B.; CONCEIÇÃO, M. J.(eds.). Brasília, DF, MAPA. (no prelo).
- PEREIRA, J. L. ; CRUZ, P. F. N. 1984. Novas técnicas no controle de doenças e pragas do cacaueiro. *Boletim Técnico* n. 124. Ilhéus, Bahia, CEPLAC/CEPEC. 23p.
- POUVREAU, A. 1984. Quelques cultures fruitières des régions tropicales. In *Pollinisation et Productions Végétales*. PESSON, P.; LOUVEAUX (eds.). Paris: INRA. pp.409-426.
- RANGEL, J. F. (Org.). 1982. CEPLAC, Cacau, Ano 25, Desenvolvimento e Participação. Brasília, DF, Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura (IICA). 178p.
- REIS, Y. T.; DELABIE, J. H. C.; CANCELLO, E. M. 2009. Térmitas (Insecta: Isoptera) da Reserva Zoobotânica do Centro de Pesquisa do Cacau, Ilhéus, Bahia, Brasil. *Agrotrópica* 21(2):103-108.
- RIBEIRO, S.P. et al. 2013. Competition, resources and the ant (Hymenoptera: Formicidae) mosaic: a comparison of upper and lower canopy. *Myrmecological News*, 18:113-120.
- ROOM, P.M. 1971. The relative distribution of ant species in Ghana's cocoa farms. *Journal of Animal Ecology* 40:735-751.
- SANCHEZ, S. E. M. 2011. Cacau e Graviola: descrição e danos das principais Pragas de insetos. Editora Editus. Ilhéus, Bahia. 147p.
- SILVA, A. J. R.; BAKER, P. M.; BENTON, F. P. 1982. Estudo da biologia da formiga caçarema (*Azteca chartifex spiriti* Forel) associada ao cacaueiro na Bahia. *Informe Técnico* n. 87. Ilhéus, Bahia, CEPEC/CEPLAC.
- SILVA, P. 1944. Insect pests of cocoa in the state of Bahia, Brazil. *Tropical Agriculture* 26: 8-14.

- SILVA, P. 1946. Formiga caçarema versus formiga de enxerto. Instituto de Cacau da Bahia, v. 14. Itabuna, BA. pp.1-3.
- SILVA, P. 1950. The coccides of cacao in Bahia, Brazil. Bulletin of entomological Research 41(1): 119-120.
- SILVA, P. 1955. A formiga caçarema e o cacauero. Junta Executiva de Combate às Pragas e Doenças do Cacau. Instituto Biológico da Bahia. Salvador, Bahia. 13p.
- SILVA, P. 1957. Problemas entomológicos do cacauero com referência especial à Bahia. Reunião do Comitê Técnico Interamericano de Cacau, 6. pp. 59-72.
- SILVA, P. 1964. Lançamento da “Campanha de Combate às Pragas e Moléstias do Cacau”. Palestra Pronunciada por Pedrito Silva, F.R.E.S. (London), CEPEC/CEPLAC. Ilhéus, Bahia. 7p. (Datilografado).
- SILVA, P.; BASTOS, G. A. C.; VIEIRA, J. R. 1965. Tratamento aerofitossanitário de cacauais. Relatório Anual 1964. Ilhéus, Bahia, CEPEC-CEPLAC. pp.34-38.
- SILVA, P.; VASCONCELOS, A.P.; MOURA, L.P.; COX, R.R. 1964. Considerações gerais sobre a área do Centro de Pesquisas. Cacau Atualidades 1(3): 3-10.
- SMITH FIGUEROA, G. E. (Coord.). 1990. Cultivo do cacauero no estado do Espírito Santo. Ilhéus, Bahia, CEPLAC-CEPAC. 52p.
- SOARES, G. R. et al. 2022a. Positive effects of ants on host trees are critical in years of low reproduction and not influenced by liana presence. Basic and Applied Ecology 63:93-103.
- SOARES, G. R. et al. 2022b. Territory and trophic cascading effects of the ant *Azteca chartifex* (Hymenoptera: Formicidae) in a tropical canopy. Myrmecological News 32:103-113.
- SOMAVILLA, A. et al. 2013. Associação entre colônias de vespas, formigas e aves na Amazônia Central. Biota neotropical 13(2). <https://doi.org/10.1590/S1676-06032013000200031>
- SORIA, J.; ALVIM, P. T.; KNOKE, J. 1965. Aspectos atuais do cultivo de cacau na América Latina, II – Problemas fitopatológicos e entomológicos. Cacau Atualidades 2(2): 57-60.
- SORIA, S. J. 1993. Pedrito Silva (1917-1990). Revista Brasileira de Zoologia 10(3): 535-536.
- SOUZA, M. M.; PIRES, E. P.; PREZOTO, F. 2013. Nidification of *Polybia rejecta* (Hymenoptera: Vespidae) associated to *Azteca chartifex* (Hymenoptera: Formicidae) in a fragment of Atlantic Forest, in the state of Minas Gerais, southeastern Brazil. Biota Neotropica 13(3). Disponível em: <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n3/en/abstract?short-communication+bn02513032013>.
- TOLEDO-HERNÁNDEZ, M. et al. 2021. Landscape and farm-level management for conservation of potential pollinators in Indonesian cocoa agroforests. Biological Conservation 257:109106.
- TORREND, G. 1917. Moléstias do Cacauero. Associação Commercial de Ilhéus, Ilhéus, Bahia. 30p.
- TORREND, G. 1918. Moléstias do Cacauero. Resultados da Comissão Torrend. Ed. Pap. Commercial. Uruguayana, Rio de Janeiro. 19p.
- TORREND, G. 1919. As moléstias do cacauero em Ilhéus (Bahia). Broteria (Portugal) 16: 264-278.
- VELLO, F. 1971. Observações sobre polinização do cacauero na Bahia. In: International Cocoa Research Conference, 3, Accra, 1969. pp.565-575.
- VELLO, F.; MAGALHÃES, W. S. 1971. Estudos sobre a participação da formiga caçarema (*Azteca chartifex spiriti* Forel) na polinização do cacauero na Bahia. Theobroma 1(4): 29-42.
- VENTOCILLA, J. A. et al. 1966. Introdução ao estudo do polvilhamento aéreo em cacauais da Bahia. Ilhéus, Bahia, CEPEC/CEPLAC. 54p.
- WHEELER, J.W. et al. 1975 Cyclopentyl ketones: identification and function in *Azteca* ants. Science 187: 254-255.
- WINDER, J.A. 1978. The role of non-dipterous insects in the pollination of cocoa in Brazil. Bulletin of Entomological Research 68: 559-574.
- ZUCCHI, R. A.; PARRA, J. R. 2023. Entomological Society of Brazil (SEB) – Golden Jubilee. Neotropical Entomology 52: 345-350.



SISTEMAS AGROFLORESTAIS COM O CACAUEIRO: UMA TENTATIVA DE BUSCA DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO ESTADO DO AMAZONAS, BRASIL

Admilson Mota de Brito¹, Gláucio Cezar Vieira da Silva¹, Caio Márcio Vasconcellos Cordeiro de Almeida² e Paulo Gil Gonçalves de Matos²

¹CEPLAC/SUPOC/RECAM. Ministério da Agricultura, Rua Maceió, 460, Bairro Adrianópolis. 69.057-010, Manaus, Amazonas, Brasil, e-mail: ceplacam@bol.com.br. ²CEPLAC/SUPOC. Av. Gov. Jorge Teixeira, 86, Bairro Nova Porto Velho, 78.904-100, Porto Velho, Rondônia, Brasil, e-mail: ceplac-supoc@enter-net.com.br.

O objetivo do presente artigo é definir os SAF com o cacaueiro mais apropriados para as condições ecológicas de alguns agrossistemas do estado do Amazonas, reunindo as informações agro-econômicas mais relevantes para sua implementação no meio rural, como também subsidiar o processo de modernização da lavoura cacaueira e de expansão de sua fronteira agrícola na Amazônia Ocidental. Com base em pesquisas desenvolvidas pela CEPLAC, em experiências bem sucedidas em áreas de produtores rurais, em experiências de técnicos que atuam na região e na adaptação de tecnologias agroflorestais foram definidos os quatro SAF a seguir: consorciação de cacau e coco (sistema misto permanente) e consorciações de cacau e açaí em renques, cacau, café e coco em renques e cacau, graviola e andiroba em renques, estes três últimos constituindo sistemas mistos permanentes zonais. São definidos diversos aspectos agrônômicos de interesse para implantação e manejo dos referidos SAF, como também níveis de produtividade para as espécies consortes. Finalmente, reúnem-se informações sobre o desempenho financeiro dessa atividade no ano de estabilização da produção das espécies consortes, que evidencia receitas líquidas mensais variando de 2,0 a 4,4 salários mínimos para os SAF em pauta, considerando a exploração de um módulo de 2,0 ha.

Palavras-chave: *Theobroma cacao* L., coco, açaí, andiroba, café, graviola,

Agroforestry systems with cacao trees: an attempt to find sustainable development to Amazon State, Brazil. This paper aims to define most appropriate agroforestry systems with cacao trees for use in ecological conditions of Amazon State. To attain this purpose agroeconomical informatios were collected with the objeive to modernize and expand the agricultural frontier in the West Amazon Valley. Based on researches done by CEPLAC and growers successful experiences the following systems were defined: cacao and coconut, cacao and assai palm, coffee and coconut, cacao, sour soap and “andiroba”. Several important variables are defined for the stablishment of these agrosystems, as well as, the productivity levels for the species associated with cacao. The financial perfomance of these agro-combinations is presented.

Key words: *Theobroma cacao* L., coconut, assai palm, “andiroba”, coffee, sour soap.

Introdução

Sistemas agroflorestais (SAF) são formas de uso e manejo dos recursos naturais consideradas apropriadas para o processo de ocupação da Amazônia em razão de promover a diminuição da pressão antrópica sobre a floresta primária, oferecer alternativas para melhorar o desempenho de áreas de baixa produtividade ou pelo menos manter a produtividade da terra sem causar degradação, promover a produção diversificada de alimentos básicos, dentre outras vantagens. Em virtude das funções biológicas e socioeconômicas que podem desempenhar, tais sistemas podem contribuir também para solucionar problemas decorrentes do mau uso dos recursos naturais, a exemplo de pastagens degradadas e abandonadas (Montagnini et al., 1992).

Um dos mais antigos SAF da América Tropical é representado pelo cultivo do cacauieiro (*Theobroma cacao* L.) conhecido desde os tempos pré-colombianos pelos Maias, na área compreendida entre o sul do México e a atual fronteira entre Costa Rica e Panamá (Bergman, 1969, León, s.d.). Seu cultivo apresenta muitos dos atributos de sustentabilidade da floresta heterogênea natural, sendo considerada a mais eficiente comunidade vegetal para proteção dos solos tropicais contra os agentes de degradação (Alvim, 1989b).

Existem muitas possibilidades de intercultivo do cacauieiro com plantas de valor econômico. Na Malásia e Indonésia, destaca-se a consorciação cacau x coco (*Cocos nucifera*), enquanto na Índia é mais freqüente o intercultivo com a palmeira *Areca catechu*. Na Bahia, existem pelo menos 6.000 ha com a consorciação cacau x seringueira (*Hevea brasiliensis*), além de cacau x craveiro-da-índia (*Syzigium aromaticum*) e cacau x canela (*Cinnamomum zeylanicum*) (Alvim 1989a; Alvim 1989b; Sena-Gomes, 1995). Em Rondônia, nos últimos seis anos, a consorciação cacau x pupunha (*Bactris gasipaes*) está sendo preferida pelos pequenos produtores rurais e, atualmente, totaliza 4.300 ha implantados (Almeida et. al, 2002). No estado do Amazonas o intercultivo do cacau com outras espécies representa 2.540 hectares, com produção de 1.034 t e produtividade de 495,0 kg de cacau seco/ha, de acordo com censo da FIBGE (2002).

Neste contexto, os SAF com o cacauieiro podem constituir-se numa alternativa apropriada, em termos sócio-econômico, para reduzir a pressão antrópica sobre a cobertura vegetal original do estado de Amazonas. Também, tais SAF podem representar uma opção agrônômica de caminho ambientalmente sustentável, que não degrade o meio ambiente, em substituição aos sistemas de produção predominantes na região e de sustentabilidade duvidosa, tais como: cultura itinerante e pecuária extensiva.

Antecedente Histórico

A presença da Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira – CEPLAC no estado do Amazonas data do ano de 1970 quando foi criada a base física Serviço Experimental em Manaus – SEMA, localizada no município de Manaus, com o objetivo de definir sistema de produção de baixo custo para o cacauieiro, áreas viáveis para a expansão do cultivo e de promover a melhoria da qualidade da produção do estado, dentre outros (Dias, 1975). A referida unidade foi instalada em área do então Instituto de Pesquisas e Experimentação Agropecuárias da Amazônia Ocidental – IPEAAOc, atualmente Centro de Pesquisa Agroflorestal da Amazônia Ocidental – CPAA/ EMBRAPA, mediante convênio de cooperação técnica com o Ministério da Agricultura.

Nessa ocasião, Alvim (1969) registrava que a região amazônica talvez fosse a única zona cacaueira, de certa expressão econômica, que não se beneficiava dos conhecimentos técnicos gerados pela pesquisa. Destacava também que em razão de a escassez de calcário e do elevado preço dos fertilizantes na região a pesquisa tinha de determinar se o cultivo de cacau em terra firme poderia ser uma atividade economicamente recomendável.

Nessa ótica, foram instalados, em 1971, os seguintes experimentos sobre sistemas agroflorestais envolvendo o cacauieiro, dentre outros (Nascimento, 1971): i) “Ensaio comparativo de árvores de sombra” tendo a bananeira (*Musa* sp) como sombreamento provisório e a eritrina (*Erythrina glauca*), castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*), cumaru (*Dipterix odorata*), copaíba (*Copaifera multijuga*), cajazeira ou taberebazeiro (*Spondias mombin*) e palheiteira ou sombreiro mexicano (*Clitoria racemosa*) como sombreamento definitivo; ii) “Competição de híbridos de cacau sob diferentes espaçamentos” tendo a bananeira como sombreamento provisório e o cumaru e ingá (*Inga* sp.) como sombreamento definitivo; iii) “Competição de espaçamentos de cacauieiros sombreados com noz-do-Brasil”; iv) “Utilização da vegetação secundária como sombreamento do cacauieiro” e v) “Observação do comportamento do cacauieiro sob sombreamento natural da floresta raleada”. Numa visão analítica do programa de pesquisa depreende-se que sua implementação tinha como eixo central identificar espécies sombreadoras e de interesse econômico potenciais para intercultivo com o cacauieiro e definir sistemas de produção alternativos que representassem baixo custo de implantação para o produtor rural.

As pesquisas que visavam identificar espécies sombreadoras de interesse para intercultivo com o cacauieiro evidenciaram os seguintes resultados (Dias, 1975 e 1976): i) bom desempenho agrônômico para o

taberebazeiro e a palheiteira que apresentaram destaque quanto ao crescimento em altura (acima de 8,0 m) e em diâmetro a altura do peito (DAP) (acima de 20,0 cm), aos quatro anos e quatro meses de campo; ii) a copaíba, embora de grande interesse regional pelo valor econômico do óleo produzido, apresentou o pior desempenho agrônomo quanto ao crescimento em altura e diâmetro; iii) a eritrina, embora promova a melhoria do solo através da fixação simbiótica de nitrogênio, apresentou pouca atratividade agrônoma em razão de a ocorrência freqüente da broca do olho terminal (*Terastia meticulosalis*); iv) a castanha-do-Brasil revelou-se grande concorrente por água e nutrientes do solo, além de apresentar sérios riscos pela queda de ouriços sobre as plantas e trabalhadores. Os cacaueros implantados sob castanhas adultos, já produtivos, apresentaram também danos mecânicos em razão da freqüente ocorrência de ventos; v) o cumaru apresentou desempenho agrônomo intermediário, quanto ao crescimento em altura e diâmetro, além de tendência ao tombamento e vi) produtividade média do híbrido IMC 67 x CATONGO superior a 750,0 kg de cacau seco/ha, aos cinco anos de campo, no espaçamento de 2,5 x 2,5 m.

A avaliação de variedades híbridas de cacaueros em diferentes espaçamentos utilizando o cumaru e o ingá como sombreamento definitivo revelou a maior produtividade média, de 860,0 kg de cacau seco/ha, para o espaçamento de 3,0 x 3,0 m, no período entre o quinto e o oitavo ano de campo (Santos, Santos e Nascimento, 1982), indicando boas possibilidades para a expansão do cultivo na região. O tratamento referente ao espaçamento de 2,0 x 2,0 m apresentou maior produtividade apenas na fase inicial do cultivo (terceiro e quarto ano), como também morte de cacaueros em razão da grande concorrência estabelecida por água, luz e nutrientes do solo (Dias, 1976).

As pesquisas sobre implantação do cacauero em floresta raleada, objetivando reduzir os custos financeiros de implantação (Dias, 1975 e 1976), revelaram resultados pouco auspiciosos para adoção deste método, quais sejam: i) elevada concorrência por água, luz, e nutrientes do solo entre cacaueros, essências florestais e ervas invasoras, sobretudo gramíneas e solanáceas; ii) elevada ocorrência de pragas entomológicas; iii) baixa produtividade dos cacaueros, alcançando apenas 80 kg de cacau seco/ha, aos três anos de campo, no espaçamento de 3,0 x 3,0 m e iv) ocorrência de queda de árvores em razão da pouca profundidade do sistema radicular, especialmente nos dias de ventos fortes, causando danos mecânicos nos cacaueros. Adicionalmente, a tentativa de utilização de vegetação secundária como sombreamento (método do trilhamento)

evidenciou também baixa produtividade dos cacaueros (120 kg de cacau seco/ha, aos quatro anos de campo), que equivalia a menos de 20% daquela obtida na região, utilizando-se o sistema convencional de implantação.

Em 1976, em face da expansão da fronteira agrícola do cacau na Amazônia (CEPLAC, 1977), que previa também a implantação de 10 mil hectares de cacaueros no estado do Amazonas e a limitação física existente no SEMA para instalação de novos experimentos, foi criada a Estação Experimental Rio Negro – ERNEG no km 65 da rodovia Manaus-Caracará, Distrito Agropecuário da SUFRAMA, no município de Manaus, visando suprir a pesquisa de infraestrutura operacional apropriada. A ação da pesquisa e experimentação agrícola foi orientada para equacionar os principais problemas que dificultavam a expansão da cacauicultura na Amazônia como atividade econômica (CEPLAC, 1979b). O sistema de produção idealizado para o cultivo do cacauero na região necessitava ainda de aprimoramento tecnológico quanto a definição de espécies sombreadoras de importância econômica mais apropriadas para o intercultivo e a redução do custo financeiro de implantação da lavoura.

Neste contexto de informações, deu-se continuidade aos experimentos de fenologia (frutificação, floração e mudanças foliares) e dendrologia (altura do fuste, altura total, diâmetro da copa e DAP) de espécies arbóreas para o sombreamento definitivo do cacauero, tais como: *E. glauca*, *G. arborea*, *I. cinnamomea* e *Terminalia ivorensis* (CEPLAC, 1979a). Tais experimentos sempre destacavam a gmelina e a terminália como as espécies com melhor crescimento em altura e DAP (Silva, 1982, Santos e Silva, 1982 e 1985).

Também, buscou-se ampliar o conhecimento sobre sistemas de produção mais apropriados para o cacauero na Amazônia, sobretudo utilizando-se espécies sombreadoras que oferecessem produtos que possam ser utilizados na alimentação ou que possam aumentar a receita da propriedade através de sua comercialização. Desta forma, foi instalado na ERNEG, em 1980, o intercultivo cacau e pupunha, cujos resultados preliminares revelaram não existir indícios de antagonismo interespecífico e que a pupunheira se apresentava como uma alternativa promissora para associação com o cacauero, havendo necessidade, contudo, de adequação de arranjo espacial desta palmácea (Silva e Dias, 1987).

Nesta mesma ótica, a pesquisa foi direcionada mais recentemente para investigar novos modelos de arranjos espaciais de intercultivo do cacauero com a pupunheira e o açaizeiro (*Euterpe oleracea*), sobretudo considerando a possibilidade de plantios adensados clonais e seminais para a primeira espécie. Também, objetivando a reintegração de extensas áreas degradadas ao processo

produtivo, resultantes principalmente da utilização de sistemas de agricultura itinerante e da pecuária extensiva, avaliam-se modelos de intercultivo com espécies multifuncionais frutíferas e florestais, tendo o cacau como um dos componentes (Sena-Gomes et al., 2000).

A CEPLAC no Amazonas vem desenvolvendo atividades extensionistas em conjunto com o Programa de Apoio ao Desenvolvimento do Extrativismo - PRODEX, pertencente ao Ministério do Meio Ambiente, e prefeituras regionais. O referido programa dispõe de linha de crédito especial do Fundo Constitucional do Norte - FNO, administrado pelo Banco da Amazônia S. A. - BASA, que visa apoiar atividades extrativistas ou agroextrativistas praticadas hoje na Amazônia brasileira para promover mudanças no perfil da economia das áreas dependentes dessas atividades e que, a partir de 1998, vem respaldando no Amazonas a expansão da cacauicultura em SAF. O surgimento do PRODEX veio ao encontro de uma antiga aspiração desse segmento representativo da sociedade amazônica, as populações ribeirinhas, que sempre viveu no ostracismo e com sérias dificuldades para desenvolver suas atividades.

O presente artigo objetiva definir os SAF com o cacau mais apropriados para as condições ecológicas do Amazonas, como uma ferramenta agro-econômica relevante para subsidiar o processo de modernização da lavoura cacau e de sua expansão na Amazônia Ocidental.

Definição de sistemas agroflorestais com o cacau para o estado do Amazonas

A definição de SAF com o cacau apresentados a seguir baseou-se em informações agronômicas geradas pela CEPLAC em suas bases físicas estabelecidas na Amazônia, especialmente naquelas instaladas em Manaus e Ouro Preto do Oeste, Rondônia (Silva e Dias, 1987, Almeida et al., 1998, Almeida, Muller e Sena-Gomes, 1999, Sena-Gomes et al., 2000). Também, consideraram-se experiências regionais de sucesso de produtores rurais sobre intercultivo de espécies multifuncionais, a experiência agronômica de técnicos que atuam na região e a adaptação de tecnologias geradas noutras regiões ou países, especialmente para a consorciação de cacau e coco. Assim, os modelos propostos constituem a primeira versão agronômica, a qual poderá ser modificada posteriormente em face de novas informações geradas pela pesquisa agroflorestal e/ou por observações de campo. As expressões utilizadas na definição dos modelos de SAF apresentados a seguir basearam-se em adaptações de Alvim (1989b).

Modelo 1: sistema misto permanente

Neste sistema busca-se uma espécie consorte para o cacau capaz de atender adequadamente aos requisitos de sombra definitiva e de fornecer produto de valor econômico (Alvim 1989b). Neste caso, refere-se a consorciação cacau e coco. É constituído de fileiras duplas de cacaueiros, no espaçamento de 3,0 x 2,5 m, estabelecidas entre fileiras de coqueiros, no espaçamento de 9,0 x 9,0 m, no sentido norte-sul (Figura 1). Deve-se manter a distância de 3,0 m entre fileiras de cacaueiros e coqueiros. Estabelecer, preferencialmente, variedades de coqueiro-anão, as quais são mais indicadas para a produção de frutos visando o consumo de água *in natura* (coco verde).

O sombreamento provisório dos cacaueiros será constituído de mandioca (*Manihot utilissima*), no espaçamento de 1,0 x 1,0 m, e de bananeiras (*Musa* sp.), no mesmo espaçamento dos cacaueiros. A implantação de mandioca objetiva tanto suplementar o fornecimento de sombra das bananeiras, que é insuficiente na fase inicial do plantio, como propiciar alternativa de renda para o produtor. As variedades de bananeira Prata Comum e Pacovan são as mais utilizadas na região, contudo, em razão de a ocorrência de mal-do-Panamá (*Fusarium oxysporium*), Sigatoka amarela (*Mycosphaerella musicola*) e Sigatoka negra (*M. fijiensis*) recomenda-se a utilização de mudas de variedades resistentes, tais como Caipira, Thap Maeo, FHIA 18 e Prata Zulu (Dantas, Dantas e Ramos, 2000, Pereira, 1999), disponíveis na região a partir de 2001, e quando encontradas a preços acessíveis. Outra alternativa de controle genético é a utilização da variedade Mysore, a qual pode permanecer no intercultivo até o quarto ano do plantio.

Além do sombreamento definitivo propiciado pelos coqueiros, será utilizada também a espécie frutífera conhecida na Amazônia como taperebazeiro ou cajazeira no Nordeste brasileiro, no espaçamento de 18,0 x 18,0 m, estabelecida entre quatro cacaueiros. Tal frutífera é muito utilizada no estado do Amazonas para essa finalidade em razão de apresentar fácil ocorrência na região, facilidade de propagação tanto via seminal como clonal, adaptação às condições de várzeas inundáveis, rápido crescimento vegetativo, tipo de copa aparentemente adequada para cacau e oferecer alternativa de renda adicional pela comercialização de sua polpa, de largo uso na região para o preparo de doces, sucos, sorvetes, vinhos, licores, etc.

O sistema em pauta apresenta densidade populacional de 880 cacaueiros/ha, 121 coqueiros/ha e 25 taberebazeiros/ha. Sua adoção no Amazonas compreende predominantemente os municípios de São Sebastião do

Uatumã e Itapiranga e já totaliza 86,5 hectares.

Outra oportunidade de gerar receitas precoces durante o estabelecimento deste intercultivo ou atender as demandas alimentícias básicas da família constitui-se na exploração das entrelinhas, as quais são utilizadas pelos produtores familiares regionais com os seguintes cultivos: abacaxi (*Ananas comosus*), abóbora (*Curcubita pepo*) cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*), feijão-de-praia (*Phaseolus vulgaris*), melancia (*Citrullus vulgaris*), milho (*Zea mays*) e quiabo (*Hibiscus esculentus*), de acordo com sua preferência. Essa exploração temporal é também comum nos intercultivos apresentados a seguir e ocorre, geralmente, nos dois anos iniciais do empreendimento, quando os cacaueros requerem menos luz.

Modelo 2: sistemas mistos permanentes zonais

De acordo com Alvim (1989b), estes sistemas proporcionam melhor aproveitamento da luz pelas espécies consortes, além de facilitar o manejo, o uso de máquinas agrícolas, a colheita dos produtos, inclusive da madeira, dentre outras vantagens. No estado do Amazonas, existem três alternativas deste modelo em uso pelos produtores rurais.

a) Consorciação de cacau e açaí em renques

Consiste em duas zonas de plantios formadas conforme a seguir: duas fileiras de açaizeiros, no espaçamento de 4,0 x 4,0 m, alternadas com treze fileiras de cacaueros, no espaçamento de 3,0 x 3,0 m, no sentido norte-sul (Figura 2). Entre as espécies consortes mantém-se a distância de 3,0 m, assim, as fileiras duplas de açaizeiros estarão distanciadas entre si em 42,0 m. A mandioca e a bananeira serão utilizadas como sombreamento provisório do cacauero adotando-se as mesmas recomendações agrônomicas apresentadas para a consorciação cacau, coco e taberebá.

O cultivo do açaizeiro visa a exploração de frutos *in natura* para produção da bebida calórica chamada "açaí" e elaboração de sucos, licores, cremes, sorvetes e picolés, de consumo muito popular na Amazônia. Seu mercado encontra-se também em franca expansão noutras regiões, especialmente nos estados de São Paulo e Rio de Janeiro (PRODUTOS, 1998a, Rogez, 2000).

O taberebazeiro será utilizado como sombreamento definitivo, estabelecido entre quatro plantas a partir da terceira fileira de cacaueros, adotando-se o espaçamento de 21,0 x 21,0 m. A densidade populacional deste sistema

é de 858 cacaueros/ha, 150 açaizeiros/ha e 20 taberebazeiros/ha.

Este sistema compreende atualmente uma área de 269,0 hectares e vem sendo recomendado tanto para áreas de várzeas inundáveis como de terra firme em razão da adaptação das espécies a esses agrossistemas. Sua adoção no Amazonas compreende predominantemente o município de Urucurituba. No caso de estabelecimento em várzeas inundáveis recomenda-se a utilização de sementes de cacau selecionadas na própria região em plantações ribeirinhas, haja vista a variedade híbrida de cacau não adaptar-se a essa condição ecológica.

b) Consorciação de cacau, café e coco em renques

Constitui-se de três zonas de plantios: uma fileira simples de coqueiros, no espaçamento de 9,0 m entre plantas, seguida de fileiras triplas de cafeeiros (*Coffea arabica*), no espaçamento de 4,0 x 1,0 m, e de dez fileiras de cacaueros, no espaçamento de 3,0 x 2,5 m, no sentido norte-sul (Figura 3). Entre fileiras de coqueiros e de cafeeiros mantém-se a distância de 3,0 m; entre cafeeiros e cacaueros a distância de 2,0 m e entre estes últimos e as fileiras dos cafeeiros seguintes 3,0 m. Desta forma, as fileiras de coqueiros ficarão distanciadas entre si em 43,0 m, enquanto aquelas de cafeeiros em 35,0 m.

O sombreamento provisório dos cacaueros será formado conforme registrado para a consorciação cacau, coco e taberebá, enquanto o sombreamento definitivo será constituído pela espécie arbórea andirobeira (*Carapa guianensis*), no espaçamento de 10,0 x 12,0 m, estabelecida entre quatro plantas, a partir da terceira fileira de cacaueros.

Tradicionalmente, utiliza-se a andirobeira para exploração da madeira na construção de casas, forros e esquadrias, em razão de suas qualidades físico-químicas (densidade 0,70 kg/cm³, resistência a compressão 500 kg/cm² e à flexão 1.022 kg/cm²), contudo suas sementes são utilizadas para extração de óleo, conhecido na região como "azeite de andiroba", de uso comum na medicina doméstica para fricção sobre tecidos inflamados, tumores, distensão muscular, etc. Também, esse óleo vem sendo explorado pela indústria farmacêutica homeopática para diabetes e reumatismo, dentre outros usos. Estima-se que uma árvore pode produzir de 180 a 200 kg de amêndoas/ano, equivalentes a 7 litros de óleo/ano (PRODUTOS, 1998b).

Este sistema apresenta densidade populacional de 800 cacaueros/ha, 891 cafeeiros/ha, 33 coqueiros/ha e 40 andirobeiras/ha. Sua adoção no Amazonas ocorre predominantemente na calha do rio Madeira,

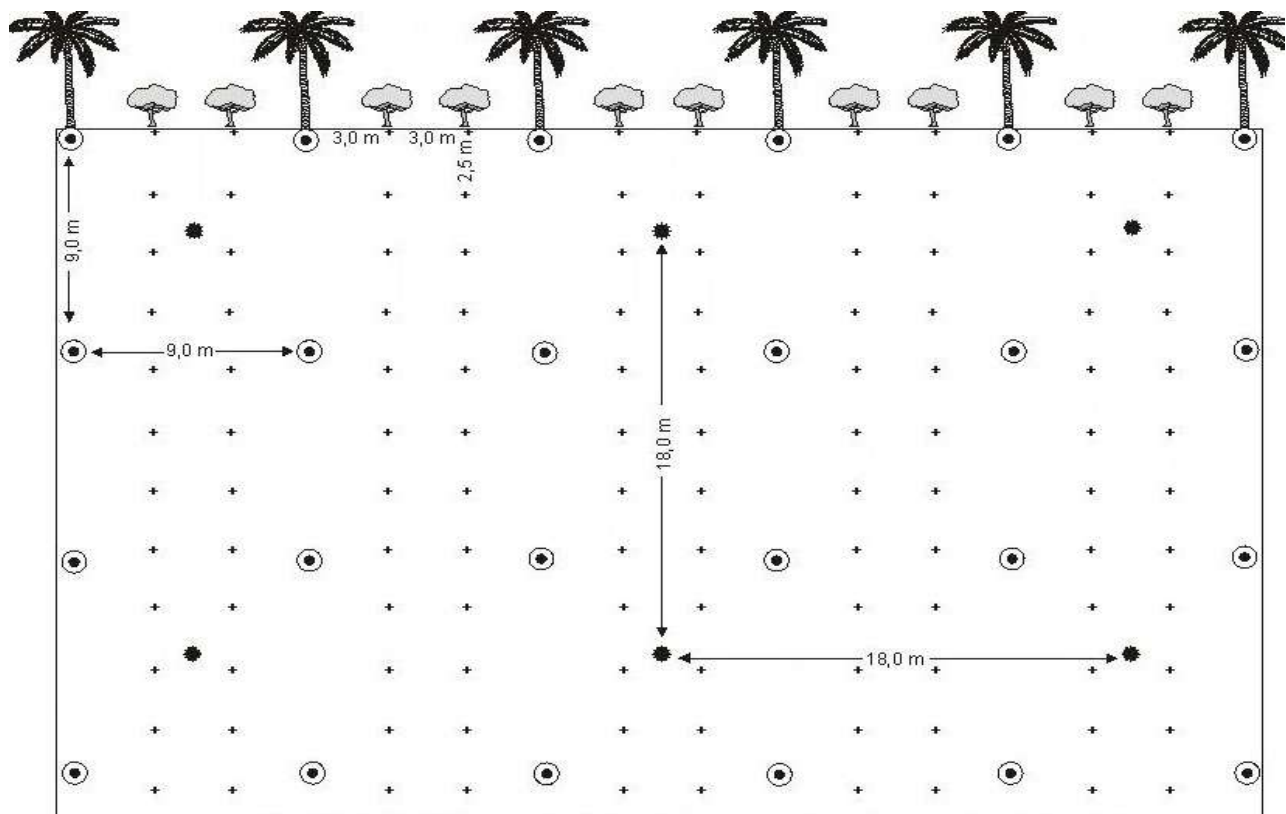


Figura 1. Croqui e planta baixa do sistema misto permanente ou consorciação cacau (+), coco (☉) e taperebá (●)

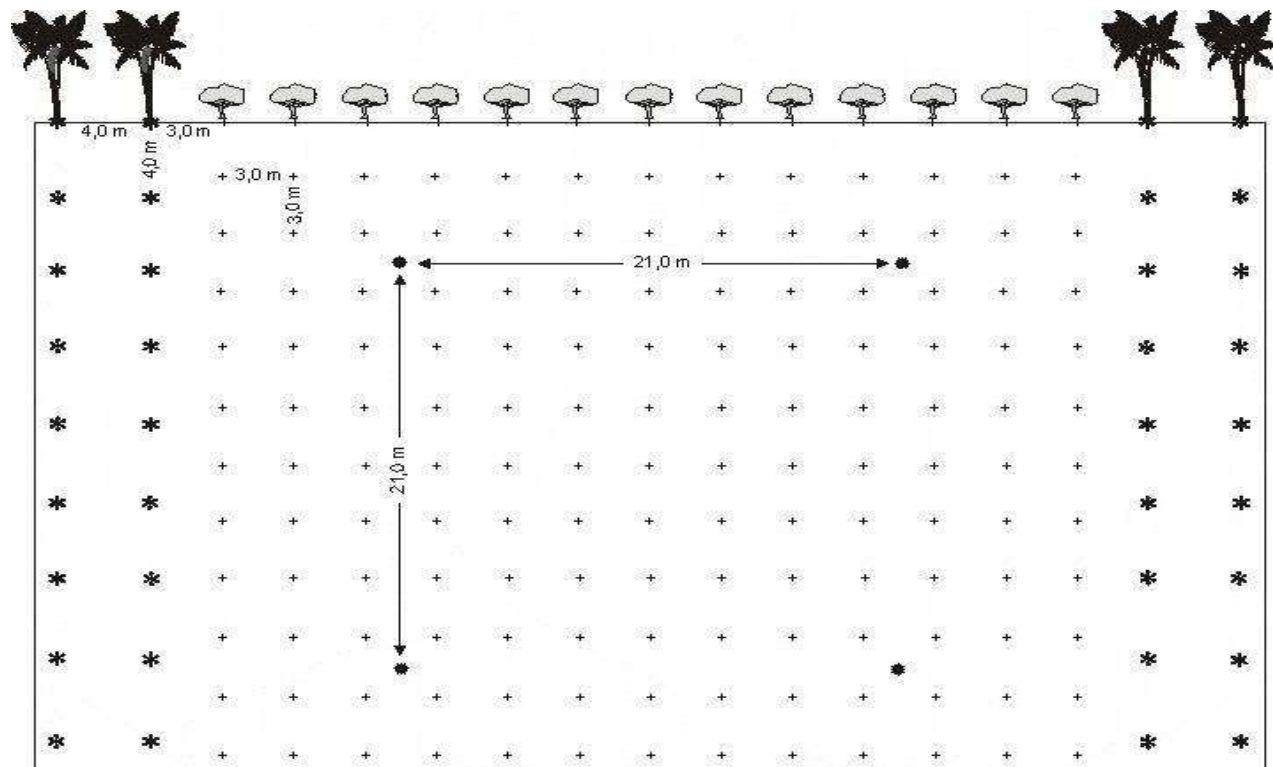


Figura 2. Croqui e planta baixa da consorciação cacau e açai: cacau (+), açai (*) e taperebá (●)

compreendendo os municípios de Nova Olinda do Norte, Humaitá e Borba, em razão de a influência cultural exercida pela comunidade cafeeira do estado de Rondônia, quarto produtor de café do Brasil, e já totaliza 77,0 hectares.

c) Consorciação de cacau, graviola e andiroba em renques

Compreende também três zonas de plantios conforme a seguir: duas fileiras de andirobeiras, no espaçamento de 5,0 m entre plantas e 4,0 m entre fileiras, desencontradas; fileiras triplas de gravioleiras (*Anona muricata*), no espaçamento de 5,0 x 5,0m e dez fileiras de cacaueiros, no espaçamento de 3,0 x 2,5 m, no sentido norte-sul (Figura 4). Entre as três espécies consortes será sempre mantida a distância de 3,0 m entre fileiras. Assim, as fileiras de andirobeiras ficarão distanciadas entre si em 50,0 m, enquanto aquelas de gravioleiras em 40,0 m.

A graviola é uma fruta tropical considerada de alto valor comercial pois apresenta características típicas para a industrialização: sua polpa não se oxida e mantém agradável aroma e rico sabor. Pode ser consumida como fruta fresca, porém é mais popularizada na forma de sorvete, suco e néctar. Conta com ótimo mercado consumidor e boas perspectivas para exportação (PRODUTOS, 1998c).

As mesmas recomendações técnicas definidas para o sombreamento provisório do cacaueiro na consorciação cacau, coco e taperebá serão utilizadas também para este sistema. O taperebazeiro será utilizado também para o sombreamento definitivo, no espaçamento de 15,0 x 20,0 m, estabelecido entre quatro cacaueiros, a partir da terceira fileira.

Este sistema apresenta densidade populacional de 800 cacaueiros/ha, 120 gravioleiras/ha, 20 taperebazeiros/ha e 78 andirobeiras/ha. Atualmente, compreende uma área no Amazonas de 94,0 hectares financiados, predominantemente no município de Itacoatiara.

Produtividade estimada das espécies consortes

Para elaboração deste trabalho consideraram-se apenas os rendimentos proporcionados pelo cacaueiro e pelas espécies consortes: açazeiro, taberebazeiro, gravioleira, cafeeiro e coqueiro, desconsiderando aqueles dos cultivos de ciclo curto implantados nas entrelinhas, das espécies de sombra provisória (bananeira, mandioca) e das espécies florestais, ao final de dado ciclo de cultivo. Omitiu-se também a perspectiva de exploração do óleo de andiroba a partir de suas sementes.

Os níveis de produtividade apresentados a seguir (Tabela 1) baseiam-se em informações obtidas experimentalmente em bases físicas da CEPLAC e em áreas de produtores rurais, juntamente com observações de campo no interior do Amazonas e em outros estados e na literatura especializada (CEPLAC, 1977, FAO, 1986, PRODUTOS, 1998a e 1998c, Rogez, 2000). Consideraram-se também os níveis de produtividade consolidados nas planilhas eletrônicas do Banco da Amazônia S. A. - BASA para elaboração de projetos agrícolas. Obviamente, a produtividade potencial dessas espécies é superior a apresentada neste artigo, logo os níveis aqui estabelecidos são perfeitamente factíveis de ser obtidos quando adotam-se as tecnologias preconizadas para a região. Portanto, eles representam segurança para o produtor rural no momento de planejar rendimentos e/ou amortização de dívidas nos casos de financiamento bancário.

No caso do cacaueiro, embora existam evidências experimentais de níveis de produtividade superiores a 1.500 kg de cacau seco/ha/ano, quando o cultivo atinge sua maturidade fisiológica e utilizam-se determinados materiais genéticos (Mota, 1998), preferiu-se adotar o patamar de 1.200 kg/ha/ano como referencial para exploração em terra firme. Para o cultivo comercial em várzeas inundáveis estabeleceu-se patamar de produtividade de 800 kg/ha/ano como referencial para esse agrossistema.

Tabela 1- Níveis de produtividade estimados para as espécies consortes em diferentes sistemas agroflorestais.

Idade pós plantio (anos)	Cacau cacau seco/planta (kg)		Açaí frutos/planta (kg)	Taperebá frutos/planta (kg)	Coco nº cocos/planta	Café (em coco) kg/planta	Graviola frutos/planta (kg)
	Terra firme	Várzea					
3	0,18	0,13	30	-	5	1,00	6
4	0,36	0,26	45	30	15	1,25	10
5	0,72	0,53	60	60	30	2,00	15
6	1,08	0,72	60	80	60	2,00	20
7	1,08	0,72	60	100	70	2,00	30
8	1,08	0,72	60	100	80	2,00	30
9	1,08	0,72	60	100	90	2,00	30

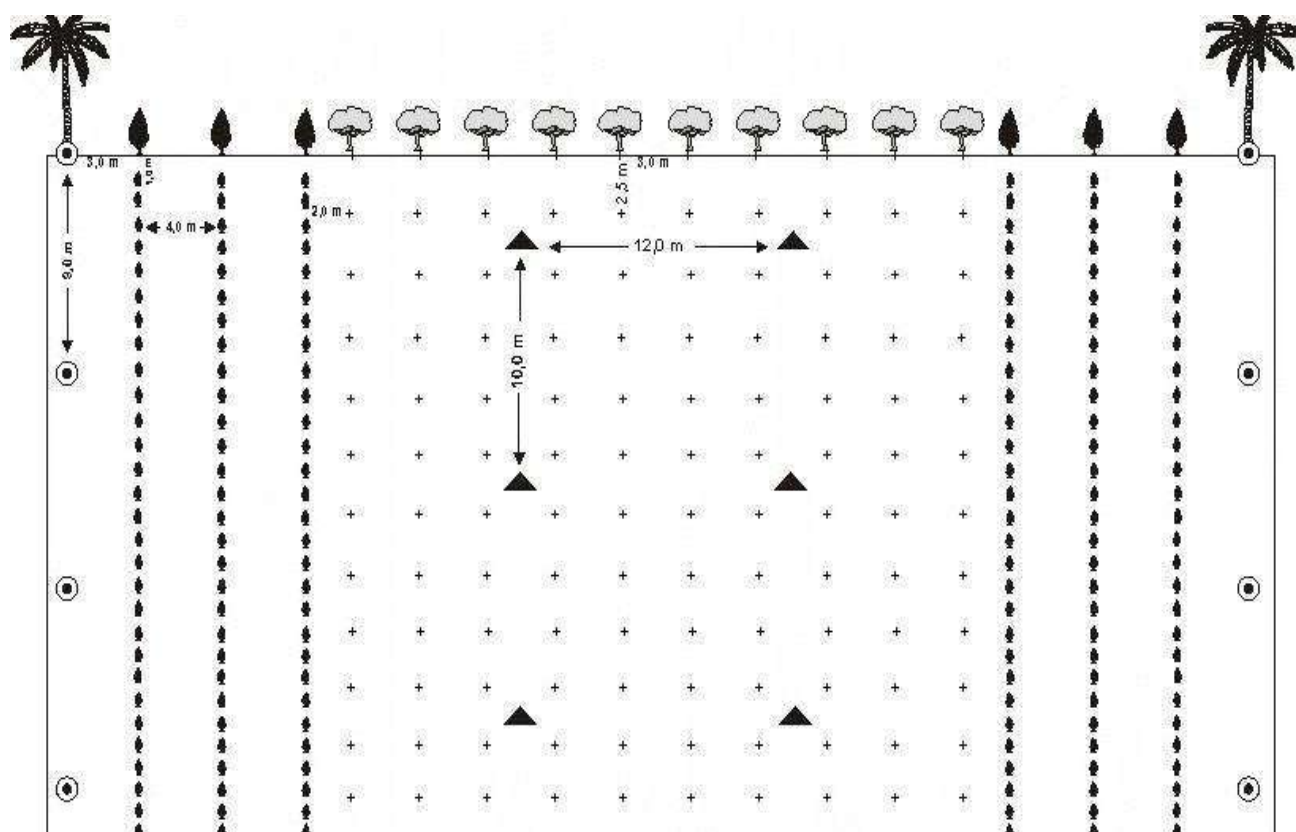


Figura 3. Croqui e planta baixa da consorciação cacau, café e coco em renques: cacau (+), café (☿), coco (🌴) e andiroba (▲)

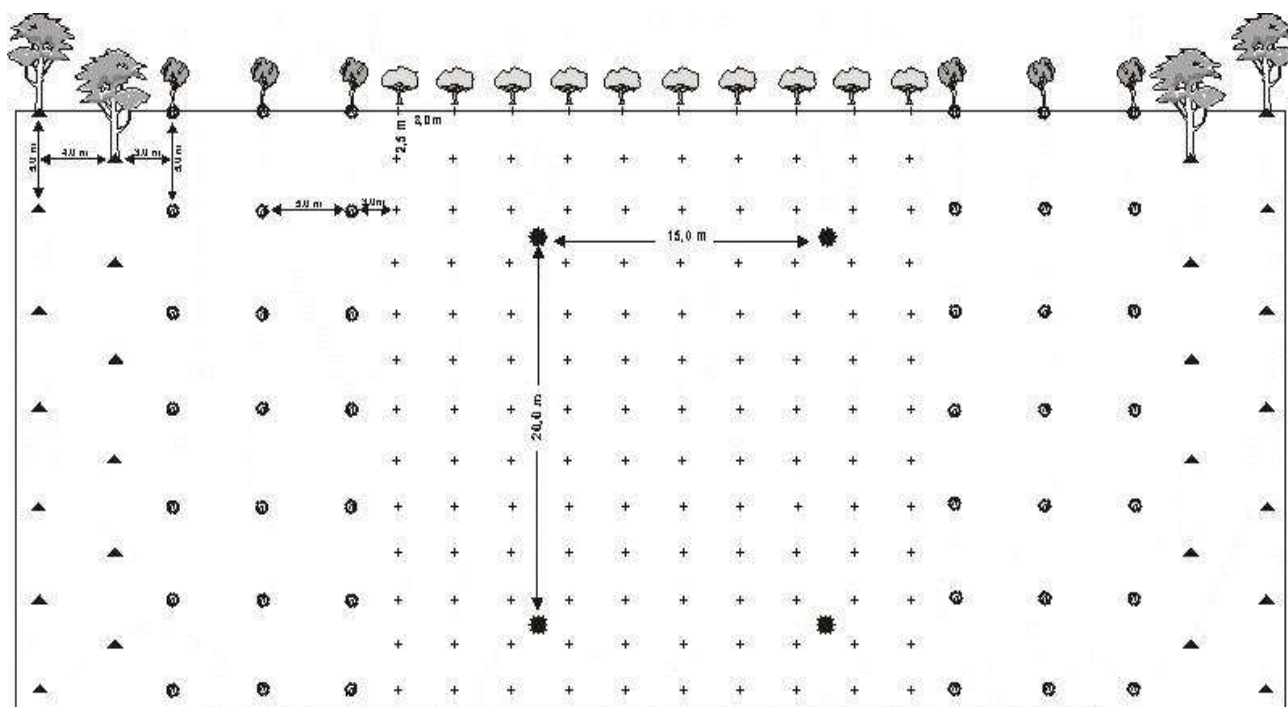


Figura 4. Croqui e planta baixa da consorciação de cacau, graviola e andiroba em renques: cacau (+), graviola (🍌), andiroba (▲) e taperebá (🌿)

Considerações econômicas

Na literatura especializada são raras as informações disponíveis sobre os benefícios financeiros auferidos pela adoção de determinados SAF. Para tanto, há necessidade dos centros de pesquisas registrarem informações sobre coeficientes técnicos das práticas recomendadas, séries espaciais e temporais de preços de produtos e de insumos, dentre outros. Nesta ótica, pretende-se informar ao produtor rural, a comunidade técnica e as instituições bancárias que financiam este tipo de empreendimento sobre os benefícios financeiros decorrentes dessa atividade com os SAF aqui definidos, numa análise preliminar.

A Tabela 2 reúne informações sobre as variáveis margem bruta/ha/ano, custo de manutenção/ha/ano, margem líquida/ha/ano e margem líquida modular/ano estimadas com base nos SAF em pauta, no ano de estabilização da produção das espécies consortes (Tabela 1). Desta forma, as informações constantes sobre os SAF cacau x açaí e cacau x graviola x andiroba referem-se ao sétimo ano de campo, enquanto aquelas sobre a consorciação cacau x coco e cacau x coco x café referem-se ao nono ano do plantio.

A margem bruta/ha/ano foi estimada considerando-se os níveis de produtividades preconizados na Tabela 1, no ano de estabilização da produção, e os preços dos produtos das espécies consortes praticados em Itacoatiara, Amazonas, no mês de junho de 2003, conforme a seguir: R\$ 4,50/kg de cacau em amêndoas, R\$ 0,45/kg de café arábica em coco, R\$ 0,20/unidade de coco verde, R\$ 0,40/kg de frutos de açaí, R\$ 0,50/kg de frutos de taperebá e R\$ 1,00/kg de frutos de graviola. Em razão de a cidade de Itacoatiara localizar-se na calha do rio Amazonas, em região pericêntrica às zonas de cultivo de cacau, admitiu-se como representativa para a pesquisa em pauta.

Para calcular a estimativa do custo de manutenção/ha/ano considerou-se o manejo agrônomo convencional previsto para cada SAF no ano de estabilização da produção, incluindo despesas com aquisição de insumos agrícolas (fertilizantes químicos, fungicidas e inseticidas) e com mão-de-obra para roçagem, adubação, desbrota dos cacaueiros, poda, controle cultural da vassoura-de-bruxa, controle químico da ferrugem do café, combate às pragas, colheita e beneficiamento, dentre outras práticas, estabelecida em R\$ 10,00/jornada de 8,0 horas de trabalho. Desconsiderou-se o controle químico da vassoura-de-bruxa do cacaueiro pois, conforme Almeida (2001), plantações bem manejadas na Amazônia, onde o controle cultural da vassoura-de-bruxa é realizado todos os anos de forma sistemática, apresentam boas

condições fitossanitárias, dispensando, portanto, a aplicação de fungicidas.

A margem líquida/ha/ano foi estimada pela diferença entre margem bruta/ha/ano e custo de manutenção/ha/ano, enquanto a margem líquida modular/ano refere-se a margem líquida proporcionada por 2,0 ha de área de cultivo do cacaueiro em SAF, módulo esse utilizado predominantemente nos projetos financiados com recursos financeiros do PRODEX.

A análise da Tabela 2 evidencia uma amplitude de variação de R\$ 5.283,90 a R\$ 8.488,00 para a variável margem bruta/ha/ano, com valores mais elevados para os SAF cacau x graviola x andiroba e cacau x coco. Essa última situação decorre, obviamente, dos melhores preços praticados na região na comercialização dos produtos dessas espécies consortes.

A variável custo de manutenção/ha/ano evidenciou valores superiores e semelhantes para os SAF cacau x coco, cacau x café x coco e cacau x graviola x andiroba. O intercultivo de cacau e açaí representou o menor custo de manutenção em face das peculiaridades agrônomicas dessa exploração em várzeas amazônicas, a qual caracteriza-se pela não utilização de quaisquer insumos agrícolas, excetuando a aquisição de sacaria de anagem para o transporte de frutos. A fertilização dessas áreas é realizada anualmente, via natural, pelos sedimentos trazidos da cordilheira dos Andes, em suspensão nas águas durante as inundações do rio Amazonas.

A margem líquida/ha/ano e a margem líquida modular/ano representam a disponibilidade de recursos auferidos pelos SAF ao final de um ano de atividades, no momento de estabilização da produção das espécies consortes. A primeira variável considera a exploração de 1,0 ha e a segunda a exploração de um módulo de 2,0 ha. Observa-se que as consorciações cacau x graviola x andiroba e cacau x açaí apresentaram as maiores margens líquidas modulares/ano, que praticamente se equivalem e representam em torno de 1,2 vezes àquela do cacau x coco e de 2,2 vezes a do cacau x café x coco. Seus valores representam receitas líquidas mensais para o produtor rural de cerca de 4,4 salários mínimos, valor este (R\$ 240,00 ou US\$ 83,5) atualmente vigente no Brasil. A exploração do consórcio de cacau e coco possibilita uma receita de 3,7 salários mínimos/mês, enquanto o cacau x café x coco uma receita de apenas 2,0 salários em razão dos baixos preços do café nos mercados nacional e internacional.

Na Tabela 3 são apresentadas as estimativas percentuais de contribuição econômica das espécies utilizadas nos diferentes modelos de SAF na geração de receitas. Observa-se que, excetuando o modelo cacau x açaí, nos demais o cacaueiro constitui a espécie mais

Tabela 2 – Receitas geradas pelos SAF com o cacauzeiro.

Modalidades de SAF	Margem bruta/ha/ano	Custo de manutenção ha/ano	Margem líquida ha/ano	Margem líquida modular/ano
Cacau x coco	7.704,80	2.380,82	5.323,98	10.647,96
Cacau x açaí	7.379,92	1.100,00	6.279,92	12.559,84
Cacau x café x coco	5.283,90	2.406,85	2.877,05	5.754,09
Cacau x graviola x andiroba	8.488,00	2.163,47	6.324,53	12.649,06

Tabela 3 – Percentagem de contribuição econômica das espécies consortes nos diferentes modelos de SAF.

Modalidades de SAF	Contribuição econômica das espécies consortes (%)					
	Cacau	Coco	Açaí	Café	Graviola	Taperebá
Cacau x coco	55,5	28,3	-	-	-	16,2
Cacau x açaí	37,7	-	48,8	-	-	13,5
Cacau x café x coco	73,6	11,2	-	15,2	-	-
Cacau x graviola x andiroba	45,8	-	-	-	42,4	11,8

importante em termos econômicos, considerando os coeficientes técnicos adotados e os preços praticados atualmente no mercado. No modelo cacau x café x coco esta contribuição é mais expressiva (73,6%), enquanto no intercultivo cacau x graviola x andiroba a participação da graviola praticamente se equivale a do cacau.

Como os modelos propostos apresentam sempre três fontes alternativas de receitas para a renda da propriedade rural, espera-se que nos momentos de baixos preços de um dado produto agrícola o produtor esteja melhor preparado para enfrentar as crises de mercado.

Adicionalmente, ao tomar a decisão de implantação de determinado modelo de intercultivo deve-se analisar também a questão de demanda de mão-de-obra no decurso do ano, para melhor programar as atividades agrícolas na propriedade, especialmente no período de frutificação. Nesta ótica, o intercultivo cacau x açaí apresenta demanda de mão-de-obra melhor distribuída ao longo do ano em razão das espécies consortes frutificarem em períodos diferentes, havendo apenas alguns meses com sobreposição de atividades: o taperebazeiro de janeiro a abril, o cacauzeiro de março a agosto e o açaizeiro de agosto a dezembro. O intercultivo cacau x coco não deve apresentar também dificuldades para o produtor conciliar suas atividades em razão do coqueiro frutificar durante todo o ano. No intercultivo cacau x graviola x andiroba observa-se também alguns meses com sobreposição de colheitas: o taberebazeiro de janeiro a abril, o cacauzeiro de março a agosto e a graviroleira de julho a setembro. Contudo, no modelo cacau x café x coco deve-se atentar que a colheita do café na região,

ocorre nos meses de maio a julho, período este coincidente com o pico de frutificação do cacauzeiro na região, exigindo, portanto, mão-de-obra extra na propriedade, haja vista tal prática demandar pelo menos cerca de 60 jornadas para exploração do módulo de 2,0 ha.

Finalmente, há necessidade de submeter os SAF em foco a análise econômica mais detalhada, incluindo informações desde o preparo de área até a exploração de madeira das espécies sombreadoras, nos casos de plantio de essências florestais, especialmente analisando os fatores agrônômicos que contribuem para o aumento de custo de manutenção dos mesmos.

Agradecimentos

Os autores desejam expressar sinceros agradecimentos ao Dr. Manfred Willy Müller, pesquisador da Estação Experimental "Sóstenes Miranda" - ESOMI, Santo Amaro da Purificação, Bahia, da CEPLAC/SUBES, pelas sugestões apresentadas na idealização de alguns dos SAF em pauta.

Literatura Citada

ALMEIDA, C. M. V. C. de, et al. 1998. Parecer técnico sobre financiamento de cacau em intercultivo com outras espécies tropicais. Porto Velho, RO, CEPLAC/SUPOC. 7p. (datilografado)

- ALMEIDA, C. M. V. C. de; MÜLLER, M. W.; SENA-GOMES, A. R. 1999. Modelos de intercultivos de cacau (*Theobroma cacao*) e café (*Coffea canephora*) em sistemas zonais de plantios intercalados com teca (*Tectona grandis*) para Rondônia. Ouro Preto do Oeste, RO, CEPLAC/SUPOC. 11p. (datilografado).
- ALMEIDA, C. M. V. C. de, et al. 2002. Sistemas agroflorestais com o cacauero (*Theobroma cacao* L.) como alternativa sustentável ao desmatamento no estado de Rondônia, Brasil. *Agrotrópica (Brasil)* 14 (2) (no prelo).
- ALMEIDA, L. C. de. 2001. Principais doenças do cacauero e medidas de controle. In Silva Neto, P. J. da et al. Sistema de produção de cacau para a Amazônia brasileira. Belém, CEPLAC. pp.63-73.
- ALVIM, P. de T. 1969. Cacau na Amazônia. *Cacau Atualidades (Brasil)* 6 (4): 54-61.
- ALVIM, P. de T. 1989a. Tecnologias apropriadas para a agricultura nos trópicos úmidos. *Agrotrópica (Brasil)* 1(1): 5-26.
- ALVIM, R. 1989b. O cacauero (*Theobroma cacao* L.) em sistemas agrossilviculturais. *Agrotrópica (Brasil)* 1 (2): 89-103.
- BERGMAN, J. F. 1969. The distribution of cacao cultivation in pre-columbian America. *Annals Association American of Geographers* 59: 85-96.
- COMISSÃO EXECUTIVA DO PLANO DA LAVOURA CACAUEIRA. 1977. Diretrizes para Expansão da Cacaicultura Nacional 1976 - 1985. PROCACAU. Brasília, DF. 200p.
- COMISSÃO EXECUTIVA DO PLANO DA LAVOURA CACAUEIRA. 1979a. Estudos dendrológicos e fenológicos de essências florestais para sombreamento do cacauero. In Ilhéus, CEPLAC/CEPEC. Informe Técnico 1979. pp. 425-426.
- COMISSÃO EXECUTIVA DO PLANO DA LAVOURA CACAUEIRA. 1979b. Pesquisas na Amazônia. In Ilhéus, CEPLAC/CEPEC. Informe Técnico 1979. pp.387.
- DANTAS, A. C. V. L.; DANTAS, J. L. L. ; RAMOS, D. S. 2000. Cultivo da banana. Brasília, SENAR. 100p.: (Trabalhador na Fruticultura Semiperene).
- DIAS, A. C. da C. P. 1975. Relatório anual de atividades 1975. Manaus. CEPLAC/SEMA. 22 p.
- DIAS, A. C. da C. P. 1976. Relatório anual 1976. Manaus. CEPLAC/SETEA. 42p.
- FAO. 1986. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Forestry Paper 44/3. Rome, FAO. Forestry Department. 308p.
- FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 2002. Levantamento sistemático da produção agrícola: pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil. Rio de Janeiro, IBGE, Vol. 14. Nº 01. p.1-76.
- LEÓN, J. (s.d.). Botanica del cacao, *Theobroma cacao* L. Ilhéus, CEPLAC/CEPEC. s.p.
- MONTAGNINI, F. et al. 1992. Sistemas agroforestais: principios y aplicaciones en los trópicos. 2ª. ed. rev. y aum. - San José (Costa Rica) Organización para Estudios Tropicales. 622p.
- MOTA, J. W. da S. e. 1998. Comportamento do cacauero clonal e seminal em sistemas de cultivos adensados. Viçosa. 10p. (datilografado)
- NASCIMENTO, J. C. 1971. Relatório anual - Ano 1971. Manaus. CEPLAC/SEMA. 28p.
- PEREIRA, M. C. 1999. Manejo da cultura da banana. Manaus, EMBRAPA/CPAA. 17p. (datilografado).
- PRODUTOS Potenciais da Amazônia. 1998a. Açaí - Opções de investimentos na Amazônia Legal. Produtos florestais não-madeireiros e piscicultura. Brasília, MMA/SUFRAMA/SEBRAE/GTA. 51p.
- PRODUTOS Potenciais da Amazônia. 1998b. Andiroba - Opções de investimentos na Amazônia Legal. Produtos florestais não-madeireiros e piscicultura. Brasília, MMA/SUFRAMA/SEBRAE/GTA. 37p.
- PRODUTOS Potenciais da Amazônia. 1998c. Graviola - Opções de investimentos na Amazônia Legal. Produtos florestais não-madeireiros e piscicultura. Brasília, MMA/SUFRAMA/SEBRAE/GTA. 49p.
- ROGEZ, H. 2000. Açaí: preparo, composição e melhoramento da conservação. Belém, EDUFPA. 313p.
- SANTOS, A. O. da S.; SILVA, I. C. 1982. Estudos dendrométricos e fenológicos de essências florestais para sombreamento definitivo do cacauero. In Ilhéus, CEPLAC/CEPEC. Informe Técnico 1980. pp.298.
- SANTOS, A. O. da S. e SILVA, I. C. 1985. Estudos dendrométricos e fenológicos de essências florestais para sombreamento definitivo do cacauero. In Ilhéus. CEPLAC. Informe de Pesquisas 1983. pp. 462-466.
- SANTOS, M. M. dos; SANTOS, A. O. da S.; NASCIMENTO, J. C. 1982. Competição de espaçamento no cacauero. In Ilhéus, CEPLAC/CEPEC. Informe Técnico 1980. pp. 282.

- SENA-GOMES, A. R. 1995. Agrofloresta e sistemas agroflorestais nos trópicos úmidos. Ouro Preto do Oeste, PNUD/PLANAFLORO. 36p (datilografado).
- SENA-GOMES, A. R., et al. 2000. Sistemas agroflorestais na recuperação de áreas degradadas em regiões tropicais úmidas. *In* Congresso Brasileiro de Sistemas Agroflorestais: Manejando a Biodiversidade e Compondo a Paisagem Rural, 3, Manaus. Anais. Manaus, Embrapa Amazônia Ocidental. Documentos n° 7: 388-391).
- SILVA, I. C. 1982. Estudos dendrométricos e fenológicos de essências florestais para sombreamento definitivo do cacauzeiro. *In* Ilhéus. CEPLAC/CEPEC. Informe Técnico 1981. pp.269-270.
- SILVA, I. C; DIAS, A. C. da C. P. 1987. Intercultivo de pupunheira com cacauzeiro na Amazônia brasileira, resultados parciais. *Revista Theobroma* (Brasil) 17 (2): 93-100.
-

SISTEMA CACAU-CABRUCU: CONSERVAÇÃO DE ESPÉCIES ARBÓREAS DA FLORESTA ATLÂNTICA

Dan Érico Lobão¹, Sérgio Valiengo Valeri²

¹Ceplac/Cepec, Km 22 Rodovia Ilhéus/Itabuna, caixa postal 07, CEP 45600-970, Itabuna, Bahia, Brasil. E-mail: dan@cepec.gov.br;

²UNESP, Universidade Estadual Paulista/Faculdades de Ciências Agrárias e Veterinárias – via acesso Prof. Donato Castellane, km 5, CEP 14884-900, Jaboticabal, São Paulo, Brasil.

O plantio tradicional do cacauzeiro sob o dossel da floresta, aprimorado ao longo de 250 anos, resultou num sistema de produção agrossilvicultural conhecido como cacau-cabruca. Esse sistema gerou recursos financeiros, fixou o homem no campo, conservou recursos naturais e compatibilizou o desenvolvimento sócio-econômico com a conservação. Este trabalho objetivou descrever a estrutura fitossociológica da vegetação arbórea em três áreas de cacau-cabruca, com ênfase na conservação de espécies arbóreas. O estudo foi desenvolvido nos municípios de Ibirapitanga, Pirai do Norte e Ubatã, na região cacauzeira da Bahia, Brasil, corredor central da Mata Atlântica. O método de amostragem usado foi o de quadrante e o critério de inclusão foi diâmetro altura do peito (DAP) = 15 cm. Na análise da estrutura foram avaliados os descritores usuais de fitossociologia. Inventariaram-se 101 espécies em 36 famílias, nove apresentaram ocorrência comum. As áreas apresentaram baixa similaridade. Os índices de diversidade (H') foram 3,3 para Ibirapitanga, 3,2 para Pirai do Norte e 4,0 para Ubatã. Cada uma das áreas apresentou alta dominância total (DoA) e densidade total acima do que a Ceplac recomenda. O cacau-cabruca conservou árvores remanescentes da floresta atlântica primária no seu componente arbóreo de proteção de topo, exemplares significativos de espécies arbóreas de diferentes estádios da sucessão, bem como raras e nobres de valor comercial como *Caesalpinia echinata* (pau-brasil) e *Dalbergia nigra* (jacrandá-da-bahia) entre outras.

Palavras-chave: sistema agrossilvicultural, sistema agroflorestal, fitossociologia.

Cocoa-cabruca system: conservation of the atlantic rainforest tree species. The traditional planting of the cocoa tree under the canopy of the native forest, perfected along 250 years, resulted in an agroforestry production system known as cacau-cabruca. This system generated financial resources, fixed the man to the field, conserved the natural resources and compatibilized the socioeconomic development with conservation. This work aimed to describe the phytosociological structure of the arboreal vegetation in three areas of cacau-cabruca, emphasizing the conservation of species. The study was developed in the municipal districts of Ibirapitanga, Pirai do Norte and Ubatã, in the cocoa area of Bahia (Brazil), central corridor of the Atlantic rainforest forest. The sampling method the one quadrant and the criteria for inclusion was the diameter at breast height (DHB) = 15 cm. In the structural analysis were evaluated the usual phytosociological parameters. Were inventoried 101 species in 36 families, nine presented common occurrence. The areas presented low similarity. The diversity indexes (H') were 3.3 for Ibirapitanga, 3.2 for Pirai do Norte and 4.0 for Ubatã. The total DA of each area was above the patterns recommended for the crop. The cocoa-cabruca it conserved remaining trees of the primary Atlantic Forest in its arboreal component of top protection, significant trees and arboreal species at different successional stages, as well as rare and noble species of commercial value as *Caesalpinia echinata* (brazilwood) and *Dalbergia nigra* (jacrandá-da-bahia) among others.

Key words: agroforestry system, phytosociology.

Introdução

A região cacaureira da Bahia ocupa uma área em torno de 10.000 km², dos quais cerca de 680.000 ha cultivados com cacau possui 70% estabelecidos sob a sombra de árvores da floresta original (Franco et al., 1994). A região, situada entre o Oceano Atlântico a 41° 30' W e 13-18° 15' S, está inserida no corredor central da floresta atlântica.

Rica em espécies, essa região é um dos principais centros de endemismo do bioma Mata Atlântica (Thomas et al., 1998). Atualmente, é considerada como área prioritária para conservação da biodiversidade (*hotspots*), em razão da sua diversidade biológica e grau de endemismo (Myers et al., 2000), no entanto, tem apresentado um processo contínuo de fragmentação, isolamento, degradação e conseqüente redução de áreas florestais (Fonseca e Rodrigues, 2000). Segundo Redford (1992), esses processos, além de degradarem a flora, são as formas mais comuns de redução indireta da fauna silvestre provocada pela atividade humana. Lobão (2006) ainda acrescenta que há uma significativa contribuição para o aumento de zonas de conflito fauna-homem nas áreas agrícolas em detrimento da aceleração de tais processos.

A antropização da região Sudeste da Bahia tem sua origem ligada à implantação do cacau (*Theobroma cacao*) na Bahia (Tavares, 1979). Inicialmente implantada sob o dossel, no interior da floresta, entre as árvores e em pequenos espaços abertos, praticamente não proporcionou alterações profundas na paisagem original. Os procedimentos de preparação da floresta para o plantio do cacau eram denominados regionalmente de “cabrocamento”. O processo de plantio em “cabruca”, aperfeiçoado ao longo dos anos, demonstrou causar menos impacto em relação à vegetação natural e às inter-relações existentes, do que o método de derruba total das árvores, prática que também foi usada na região (Setenta et al., 2005).

Van Belle et al. (2003), ao descreverem a cacauicultura baiana, ressaltaram sua eficiência, capacidade de conservação e sustentabilidade, como uma das atividades agrícolas tropicais que melhor compatibilizou o desenvolvimento sócio-econômico com a conservação ambiental, seja através do cacauzeiro implantado sob sombreamento homogêneo de *Erythrina fusca*, ou com maior eficiência ambiental quando plantado em cabruca, como reafirmam Mello e Bispo (2005) e Setenta et al. (2005).

Segundo Lobão et al. (2004), o cacau-cabruca é um sistema agrossilvicultural, que se originou pela substituição dos estratos florestais médio e inferior por uma cultura de interesse econômico, implantada no sub-bosque, de forma descontínua, possibilitando a presença de fragmentos com vegetação natural, não prejudicando as relações com o meio físico ao qual está relacionado. Além

de gerar recursos financeiros e fixar o homem no meio rural, o sistema conservou recursos hídricos, fragmentos e exemplares arbóreos da floresta original de inestimável valor para o conhecimento agrônomo, florestal e ecológico (Setenta et al., 2005). Os benefícios dessa casual assertividade foram conquistados ao longo de 250 anos de pragmatismo, em busca de uma ocupação territorial rentável (Lobão et al., 2007).

Lobão et al. (1997) e Setenta et al. (2005) evidenciam a assertividade ambiental, as vantagens ecológicas e o papel para a conservação de recursos naturais regionais que o sistema cacau-cabruca foi capaz de proporcionar. Contudo, exceto os trabalhos em taxionomia botânica, é baixo o número de artigos técnico-científicos publicados na área da conservação produtiva. Ressaltam-se os de Bondar (1956) sobre os aspectos técnicos da cultura, com referência a árvores de sombra; o artigo de Alvim e Pereira (1966), sobre a densidade média das árvores de sombra praticada em cabucas da Bahia; Vinhas e Silva (1982) que relacionaram e descreveram dendrologicamente mais de 40 espécies ocorrentes na proteção de topo do cacau; Santos e Lobão (1982) indicaram 61 novas espécies e densidades de plantio variadas para o sombreamento do cacau, com base em variáveis biométricas obtidas em inventários realizados na Bahia e Espírito Santo.

Ainda no mesmo enfoque, Lobão et al. (2004) definiram critérios técnicos relacionados a densidade, riqueza e composição de espécies para o sombreamento do sistema cacau-cabruca; Setenta et al. (2005) avaliaram o potencial econômico em madeira da cabruca quanto a dominância e volume na fazenda Dois Irmãos, no município de Ilhéus e verificaram que apresentava valores próximos a um fragmento florestal contíguo.

O conhecimento da composição florística e da estrutura fitossociológica de uma área florestal é um pré-requisito importante para a tomada de decisões quanto à recomposição da vegetação, conservação de populações e de comunidades, bem como para o manejo e exploração em bases sustentáveis. Sendo assim, o presente trabalho teve por objetivo descrever a estrutura fitossociológica da vegetação arbórea, com ênfase na conservação de espécies, em três áreas de produção de cacau implantadas no sistema de produção agrossilvicultural cacau-cabruca na região cacaureira da Bahia, no bioma Mata Atlântica.

Material e Métodos

1.1. Área de Estudo

O estudo foi desenvolvido em três áreas de cacau-cabruca, nos municípios de Ibirapitanga, Piraí do Norte e

Ubatã, localizados na região cacauzeira do Estado da Bahia (90.000 km²) que está inserida no corredor central da Mata Atlântica, um dos principais centros de endemismo do bioma, cuja formação vegetal primária dominante era de floresta tropical úmida costeira, classificada por Veloso et al. (1991) como floresta ombrófila densa, pertencente à zona neotropical. O clima na região, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo Af, floresta tropical quente e úmida sem estação seca, com precipitação superior a 1.300 mm ano⁻¹. Considerando o período de 2002 a 2006, com base nos dados obtidos no Setor de Climatologia da Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (Ceplac), a precipitação média anual variou entre 1.216 e 1.651 mm; a temperatura variou entre 21,4 e 25,4° C, com máxima de 26,9° C em fevereiro e mínima de 14° C em agosto; e a umidade relativa variou entre 82 e 89%.

No município de Ibirapitanga, optou-se pela fazenda Pau Brasil, com 35 ha de área total, sendo 24 ha com cacau-cabruca desses, 12 ha foram objeto de estudo (14° 10' 28,8" S e 39° 24' 12,3" W). A propriedade está inserida na micro-bacia hidrográfica do rio Cachoeira do Pau, afluente do rio Oricó, que compõe a macro-bacia do rio de Contas. O solo predominante na região é o Latossolo Amarelo distrófico típico (Santana et al., 2002). A micro-região apresenta um relevo ondulado, enquanto o local de estudo é de baixada e meia encosta.

No município de Piraí do Norte, selecionou-se a fazenda Bom Retiro, com 59 ha de área total, sendo 31 ha com cacau. Desses, 11 ha no sistema cacau-cabruca foram objeto de estudo (13° 47' 52,1" S e 39° 23' 41,2" W). O cacau é adulto e apresenta indícios de que houve raleamento no sombreamento de topo. A propriedade está situada na bacia hidrográfica do rio Peixe, que é tributário do rio das Almas; apresenta um relevo suave e a área de estudo é de baixada e meia encosta. Nessa região predominam os solos Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico abrupto e Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (Santana et al., 2002).

No município de Ubatã, escolheu-se a fazenda Vapor, com 187 ha de área total, dos quais 70 ha com cacau e, desses, 10 ha no sistema cabruca, que foram objeto de estudo (14° 12' 48,7" S e 39° 3' 1,2" W). O cacau é adulto e clonado. Na região, predominam os solos Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico típico (unidade Itabuna modal) e Neossolo Flúvico Psanítico típico aluvial (Santana, et al, 2002). A propriedade está na bacia hidrográfica do rio Contas, apresenta um relevo suave e a área de estudo é de baixada e meia encosta.

1.2. Amostragem

O método de amostragem usado foi o de ponto-quadrante de Cottam e Curtis (1956), no qual Martins

(1979) foi o precursor do uso em floresta tropical no Brasil. O critério de inclusão adotado foi o de indivíduos arbóreos com diâmetro à altura do peito (DAP) = 15 cm, semelhante ao utilizado por Pinto et al. (2002) e Brito et al. (2006). As seguintes variáveis foram registradas: espécie, distância da árvore ao ponto amostral, circunferência à altura do peito (CAP). Foi utilizado como referência o herbário André Maurício de Carvalho da Ceplac e o sistema de classificação botânica adotado foi o APG II (Angiosperma Phylogeny Group II) de 2003.

Nesse trabalho, os pontos amostrais foram distribuídos de forma sistemática, de modo a proporcionar uma melhor cobertura da área de estudo. Normalmente, em florestas tropicais espera-se que cresça o número de espécies com o aumento da área amostrada. Contudo, há um limite: é quando o esforço amostral não mais representa o aparecimento de novas espécies. Ricklefs (2001) evidenciou que em 1921 o botânico Olaf Arrhenius foi o primeiro a formalizar a relação espécie-área. O esforço amostral foi avaliado por meio da curva coletora ou do coletor que relaciona ao valor numérico acúmulo de novas espécies em relação ao número de pontos amostrais proposta por Pielou (1975).

A suficiência amostral foi atingida nas três áreas inventariadas. Em Ibirapitanga foram empregados 38 pontos amostrais (*pa*), com distância entre pontos de 30 m e entre linhas 60 m, o ponto de máxima foi em 36,02; em Piraí do Norte foram 30 *pa* distanciados 30 m entre pontos e 60 m entre linhas, o ponto de máxima ocorreu em 29,7; e em Ubatã foram 45 *pa* com 25 m entre pontos e 50 m entre linhas, o ponto de máxima foi em 42,03. As árvores mortas com tronco em pé amostradas foram agrupadas com o nome Desconhecida 73 e consideradas no cálculo de abundância, mas não para a diversidade.

Na análise da estrutura foram avaliados os descritores usuais em fitossociologia, abundância de indivíduos (A), índice de agregação ou de MacGuinnes (IGA) que se refere à distribuição espacial da espécie, riqueza de espécies (R), frequência (FA), densidade (DA) e dominância (DoA) absolutas e relativas, valor de cobertura (VC) e de importância (VI) para espécies, índices de similaridade de espécies de Sorensen (S), diversidade de Shannon (H'), dominância de Simpson (C), equabilidade de Pielou (J') e coeficiente de mistura (QM) de Jentsch (McGuinnes, 1934; Curtis e McIntosh, 1950; Mueller-dombois e ElleMBERG, 1974; Magurran, 1988; Azevedo, et al., 1990), estimados pelo programa Mata Nativa 2 da Cientec (Cientec, 2006).

Resultados e Discussão

Nas três comunidades estudadas, foram inventariados um total de 452 indivíduos (sendo 428 vivos e 24 mortos),

distribuídos em 101 táxons, 76 gêneros e 36 famílias botânicas. Ressalta-se que 14 morfoespécies foram identificadas apenas quanto ao gênero e quatro à família (Tabela 1). Do total observado, apenas dez espécies apresentaram ocorrência comum às três comunidades, isso indica que eram bem distribuídas e abundantes em suas áreas de ocorrência natural.

Dentre elas evidenciam-se *Caesalpinia echinata* (pau-brasil), *Cariniana legalis* (jequitibá-rosa), *Ficus gomelleira* (gameleira) e *Artocarpus heterophyllus* (jaqueira), onde o pau-brasil é a mais importante, não só pelo valor cultural-econômico, também por estar listada pelo IBAMA como ameaçada de extinção e inclusa no Anexo II da Convenção Internacional do Comércio de Espécies da Fauna Silvestre e da Flora em Perigo (Cites – <http://www.cites.org>). O pau-brasil é uma espécie da floresta atlântica, com área de distribuição natural, segundo Lewis (1998), nos Estados de Pernambuco, Bahia, Espírito Santo e Rio Janeiro; teve atuação marcante na história do Brasil, como produto de exportação e foi intensamente explorado por mais de 350 anos. Ainda hoje o é, não mais intensamente, nem como matéria prima para corante, mas para a fabricação de arcos de violino (CASTRO, 2002).

Cariniana legalis (jequitibá-rosa), apesar de não ser uma madeira tão nobre, regionalmente figura entre as espécies muito exploradas. *Ficus gomelleira* (gameleira) é uma espécie ecologicamente importante, pois faz parte da dieta alimentar de espécies da fauna silvestre regional, seus frutos são apreciados pela avifauna e os ramos terminais por *Bradypus spp.* (preguiça). Contudo, suas raízes superficiais, ocupam extensas áreas, e isso fez com que os cacauicultores tentem erradicá-lo das áreas com cacau. Mesmo assim, esteve presente nas três cabruças, o que pressupõe a eficiência de sua estratégia de sobrevivência.

A. heterophyllus (jaqueira) tem seus frutos muito apreciados pelas comunidades urbanas regionais, que chegam a ser comercializados em feiras públicas. É uma espécie exótica introduzida há muitos anos e disseminada junto com o cacau. Está ecológica, cultural e socialmente integrada e adaptada, isso evidencia que as condições ambientais do sistema cacau-cabruca e da região cacaueira lhes foram favoráveis.

A. heterophyllus e *F. gomelleira* apresentaram boa distribuição e normalmente os levantamentos feitos na região detectam suas ocorrências, tais como Alvim (1966) e Vinhas e Silva (1982) entre outros. Sambuichi (2002) observou que essas espécies encontravam-se entre as quatro mais abundantes em uma área de cacau-cabruca no município de Ilhéus (BA).

No município de Ibirapitanga, observou-se a presença de espécies com madeira de boa qualidade de uso na marcenaria fina, que alcançam alto valor de mercado e

estão sob forte pressão, tais como *Hymenaea stigonocarpa* (jatobá-da-casca-fina) e *Dalbergia nigra* (jacarandá-da-bahia), já em Piraí do Norte encontrou-se *Tabebuia serratifolia* (pau-d'arco-amarelo) e *Cedrela odorata* (cedro-rosa), e em Ubatã *Loxopterygium* sp. (gonçalo-alves) e *Centrolobium* sp. (putumuju-castanho). Atualmente o foco da exploração regional está concentrado em poucas espécies e a mais explorada para marcenaria é *Plathymenia foliolosa* (vinhático), madeira clara que apresenta boa trabalhabilidade e bom acabamento final, usada na confecção de portas e janelas, mas não apresenta boa resistência às intempéries.

A combinação de fatores favoráveis no sistema cacau-cabruca contribuiu para a conservação de exemplares arbóreos significativos e espécies valiosas da floresta original, bem como de espécies dos estádios iniciais [*Cecropia hololeuca* (imbaúba-branca), *Trema micrantha* (corindiba), *Alchornea glandulosa* (lava-prato) e *Aegiphila sellowiana* (fidalgo)] e tardios da sucessão. Isso demonstra a versatilidade e a capacidade do sistema em conservar espécies, o que também evidencia o seu potencial para a produção sustentável de madeira. Dentre as espécies do estágio sucessional avançado tem-se relacionar *Caryocar brasiliense* (pequi), *Bowdichia* sp. (sucupira), *Guettarda platypoda* (banha-de-galinha), *Manilkara maxima* (maçaranduba-praiú) e *Dialium guianense* (jitaí) dentre outras.

O método de amostragem e os padrões de identificação empregados em um levantamento podem afetar os resultados de diversidade de uma área. Como nesse trabalho o padrão usado foi o mesmo e as áreas são distintas, pressupõe-se que a composição florística identificada esteja mais relacionada às características ambientais. Com isso o esperado dessas comunidades com alta diversidade e grau de endemismo, é que apresentem baixa similaridade entre si. Esse fato foi confirmado pelos valores obtidos (< 50%) no índice de Sorensen. A área de Ubatã foi a que se apresentou menos similar entre elas, apenas 27% quando comparada com Piraí do Norte e 31% com Ibirapitanga. É oportuno aventar que Ibirapitanga apresentou 37% de similaridade florística com Piraí do Norte.

A baixa similaridade e os altos índices de diversidades obtidas nas comunidades avaliadas estão refletidos nos significativos valores obtidos para a diversidade local ($\alpha = 37$) e regional ($\gamma = 93$) e no valor obtido para a diversidade beta ($\beta = 0,4$), percebe-se a importância do sistema cabruca na manutenção da diversidade de espécies arbóreas.

As três comunidades, por apresentarem características e áreas físicas peculiares, foram inventariadas com diferentes intensidades de amostragem e apresentaram valores distintos para abundância (A) e riqueza de espécies (R)

Tabela 1 - Lista de espécies inventariadas em três comunidades de cacau-cabruca no Sul da Bahia.

Família / Nome Científico	Nome Comum	A / LOCAL		
		I	P	U
ACHARIACEAE				
<i>Carpotroche brasiliensis</i> Endl	fruta-de-paca.	—	—	2
ANACARDIACEAE				
<i>Loxopterygium</i> sp.	gonçalo-alves	—	—	4
<i>Schinus</i> sp.	aroeira, aroeira-vermelha	—	—	1
<i>Spondias mombin</i> L.	cajazeira, cajá	1	—	16
<i>Spondias</i> sp.	cajá-brava	—	—	1
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	pau-pombo, cupuba	—	—	2
ANNONACEAE				
<i>Annona silvestris</i> Vell.	pinha-do-mato	—	—	2
APOCYNACEAE				
<i>Aspidosperma</i> sp.	perero	—	—	1
Desconhecida 7	xenhenhem	—	—	1
<i>Lacmellea pauciflora</i> (Kuhlm.) Markgr		—	—	1
<i>Macoubea guianensis</i> Aubl.	piquiá-preto	—	—	1
ACHARIACEAE				
<i>Carpotroche brasiliensis</i> (Raddi) Endl.	fruta-de-paca.	—	—	2
ARALIACEAE				
<i>Schefflera morototoni</i> (Aubl.) Maguire, Steyerl. & Frodin	matatauba	8	—	—
ASTERACEAE				
<i>Vernonia</i> sp.	fumo-bravo-da-mata	2	—	—
BIGNONIACEAE				
<i>Jacaranda semisserrata</i> Cham.	caroba, jacarandá-caroba	6	2	12
<i>Tabebuia serratifolia</i> (Vahl) G. Nicholson	pau-d'arco-amarelo	—	1	—
<i>Tabebuia</i> sp.	pau-d'arco, ipê	—	—	2
BORAGINACEAE				
<i>Cordia aberrans</i> Johnst.	baba-de-boi	1	—	—
<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arrab. ex Steud.	claraíba-parda, mutamba	—	1	—
CANNABACEAE				
<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	corindiba	1	—	7
CARICACEAE				
<i>Jacaratia heptaphylla</i> f. <i>inermis</i> Kuntze	mamão-de-veado-preto	1	—	—
CARYOCARACEAE				
<i>Caryocar brasiliense</i> St. Hil	pequi	2	—	—
CHRYSOBALANACEAE				
<i>Couepia rufa</i> Ducke	oiti-coró	1	—	—
CLUSIACEAE				
<i>Garcinia brasiliensis</i> Mart.	olandi-branco	—	7	—
<i>Kielmeyera itacarensis</i> Saddi	pau-santo	1	—	—
COMBRETACEAE				
<i>Terminalia brasiliensis</i> Eichl.	araçá-d'água	4	8	—
ERYTHROXYLACEAE				
<i>Erythroxylum pellerianum</i> A.St.-Hil.	cocão	—	—	1
EUPHORBIACEAE				
<i>Alchornea glandulosa</i> Poepp. subsp. <i>iricurana</i> (Casar.) Secco	lava-prato (1)	11	—	—
<i>Alchornea iricurana</i> Casar.	lava-prato (2)	—	5	—
Indeterminada 42	lagarteiro	—	—	2
<i>Senefeldera multiflora</i> (Mart.) Muell. Arg.	macuco (pau-osso)	—	—	1
<i>Tetrorchidium rubrivenium</i> Poepp. & Endl.	falsa-coarana	2	—	—

Continuação da Tabela 1

FABACEAE (CAESALPINIOIDEAE)				
<i>Bauhinia fusconervis</i> (Bong) Steud.	unha-de-vaca, miroró	—	—	1
<i>Caesalpinia</i> sp.	barauna,	—	3	—
<i>Caesalpinia echinata</i> Lam.	pau-brasil (folha-de-arruda)	7	4	17
<i>Caesalpinia leiostachya</i> (Benth.) Ducke	pau-ferro	—	—	1
<i>Cássia ferruginea</i> (Schrاد.) Schrad. ex DC.	cassia-canafistula	1	—	—
<i>Dialium guianense</i> (Aubl.) Sandwith	jítai, jítai-preto	—	1	—
<i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart. ex hayne	jatoba-da-casca-fina	1	—	—
<i>Moldenhawera blanchetiana</i> Tul.	faveca-branca	—	—	4
<i>Moldenhawera floribunda</i> Schrad.	faveca	2	—	—
<i>Senna multijuga</i> (L. C. Rich.) H. S. Irwin & Barneby Subsp.	cobi-branco	5	6	—
<i>lindleyana</i> (Gardn.) H. S. Irwin & Barneby				
FABACEAE (PAPILIONOIDEAE)				
<i>Andira anthelmia</i> (Vell.) J. F. Macbr.	angelim-amargoso	2	—	4
<i>Andira fraxinifolia</i> Benth.	angelim	—	1	—
<i>Bowdichia</i> sp.	sucupira	4	—	—
<i>Centrolobium minus</i> Perls.	putumuju-mirim	—	—	7
<i>Centrolobium</i> sp.	putumuju-castanho	—	—	4
<i>Dalbergia nigra</i> (Vell.) Allemão ex Benth.	jacarandá-da-bahia	1	—	—
<i>Erythrina fusca</i> Lour.	eritrina-de-baixa	5	3	9
<i>Lonchocarpus glabrescens</i> Benth.	ingufo, inguto	—	—	1
<i>Machaerium angustifolium</i> Vogel	espineiro, sete-capotes	—	1	—
<i>Pterocarpus rhorii</i> Vahl	pau-sangue	—	2	—
<i>Swartzia apetala</i> Raddi	coração-de-nêgo	—	—	2
<i>Swartzia</i> sp.	piui-de-abobora	—	—	2
FABACEAE (MIMOSOIDEAE)				
Desconhecida 41	jacutinga	3	—	—
<i>Inga cinnamomea</i> Spruce ex Benth	ingá-açu	—	—	1
<i>Inga edulis</i> Mart.	ingá	4	3	—
<i>Pithecolobium inundatum</i> Mart.	sete-capote, sete-capa	3	2	11
<i>Plathymenia foliolosa</i> Benth.	vinhático	—	1	—
ICACINACEAE				
<i>Discophora guianensis</i> Miers	amora (una)	—	—	6
<i>Discophora</i> sp.	amora-branca	1	—	—
<i>Discophora</i> sp.	amora-preta	—	—	1
LAMIACEAE				
<i>Aegiphila sellowiana</i> Cham.	fidalgo, fumo-bravo	—	1	—
LAURACEAE				
<i>Aniba intermedia</i> (Meisn.) Mez	louro (1)	—	2	—
<i>Licaria bahiana</i> H. Kurz	louro (2)	—	2	—
<i>Mezilaurus navalium</i> (Allem.) Taub. Ex Mez	louro-tiponhoa	1	—	—
<i>Nectandra</i> sp.	canela-preta	1	—	—
<i>Nectandra</i> sp.1	louro (3)	6	4	1
<i>Persea americana</i> Mill.	abacateiro	1	—	—
LECYTHIDACEAE				
<i>Cariniana estrellensis</i> (Raddi) Kuntze	jetiquibá-branco	—	2	—
<i>Cariniana legalis</i> (Mart.) Kuntze	jetiquiba-rosa	2	1	1
<i>Eschweilera ovata</i> (Cambess.) Miers	biriba, embiriba	1	1	—
<i>Eschweilera rhodogonoclada</i> Rizzini & A. Mattos	inhaiba	—	—	2
<i>Lecythis lanceolata</i> Poir.	sapucaia-mirim	2	—	2
<i>Lecythis pisonis</i> Cambess.	sapucaia	—	2	11

MALVACEAE				
<i>Apeiba tibourbou</i> Aubl.	jangada, pau-de-jangada	—	1	—
<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	bariga-d'água	—	—	2
<i>Quararibea turbinata</i> (Sw.) Poir.	virote-preto	—	1	—
MELIACEAE				
<i>Cedrela odorata</i> L.	cedro-rosa	—	5	—
<i>Cedrela</i> sp.	cedro	7	—	1
MORACEAE				
<i>Artocarpus heterophyllus</i> Lam.	jaqueira	16	5	3
<i>Brosimum rubescens</i> Taub.	conduru	—	1	—
<i>Ficus gomelleira</i> Kunth & Bouché	gameleira	9	9	1
<i>Sorocea guilleminiana</i> Gaudich.	amora-branca (1)	—	—	3
<i>Sorocea hilarii</i> Gaudich	amora-branca (2)	—	—	1
MYRTACEAE				
<i>Eugenia florida</i> DC.	murta	—	—	1
<i>Eugenia</i> sp.	araça-guabiraba	—	—	1
<i>Gomidesia langsdorffii</i> O. Berg.	murta-cumbuca	—	—	1
PHYLLANTHACEAE				
<i>Hyeronima alchorneoides</i> Allem.	cajueiro-da-mata	—	1	—
PHYTOLACCACEAE				
<i>Gallesia scorododendrum</i> Casar.	pau-d' alho	—	8	—
RUBIACEAE				
<i>Genipa americana</i> L.	jenipapo	—	1	8
<i>Guettarda platypoda</i> DC.	banha-de-galinha	2	—	—
<i>Tocoyena bullata</i> (Vell.) Mart.	jenipapeiro-bravo	—	—	1
RUTACEAE				
Indeterminada 66	quebra-facão	—	—	1
SAPINDACEAE				
<i>Allophylus sericeus</i> (Cambess.) Radlk.	canela-de-velho	—	—	2
SAPOTACEAE				
<i>Manilkara maxima</i> T. D. Penn.	maçaranduba-praiú	3	—	—
SIMAROUBACEAE				
<i>Simarouba amara</i> Aubl.	pau-paraiba	2	—	—
URTICACEAE				
<i>Pourouma guianensis</i> Aubl.	tararanga-de-lixo	1	—	—
ULMACEAE				
<i>Cecropia hololeuca</i> Miq.	imbauba-branca	—	—	2
<i>Cecropia lyratiloba</i> Miq.	imbaúba	10	5	4
VERBENACEAE				
<i>Lantana camara</i> L.	câmara, cambará	1	1	—
VOCHYSIACEAE				
<i>Vochysia oppugnata</i> (Vell.) Warm.	cinzeiro	2	—	—
MORTA				
Desconhecida 73	morta	5	—	—

A = abundância; I = município de Ibirapitanga, fazenda Pau Brasil; P = município de Piraí do Norte, fazenda Bom Retiro; U = município de Ubatã, fazenda Vapor.

(Tabela 2). Os resultados obtidos para a diversidade, são compatíveis aos obtidos em outras áreas e chegam a ser comparáveis às consideradas ricas em diversidade de espécies. Entre elas podem ser citadas por os resultados obtidos por Sambuichi (2002) em uma área de cacau-cabruca em Ilhéus, Bahia ($H' = 3,4$); Oliveira (2002), em Ilha Grande (RJ), com florestas secundárias e critério de inclusão de DAP = 2,5 cm ($H' = 4,3$); resultado próximo ao encontrado por Borém e Oliveira-Filho (2002) em um fragmento de floresta atlântica em Silva Jardim, Rio de Janeiro ($H' = 4,1$).

Com relação ao índice de equabilidade de Pielou (J'), as três áreas apresentaram valores praticamente iguais, isso sugere alta uniformidade nas proporções indivíduos/espécies dentro de cada comunidade. Como a equabilidade é diretamente proporcional à densidade e, antagônica à dominância, esses valores indicam que não ocorreu dominância de uma ou poucas espécies nas áreas estudadas. Oliveira (2002), em Ilha Grande (RJ), ao estudar quatro mosaicos de floresta secundária, encontrou os seguintes valores de J' 0,77; 0,78; 0,75 e 0,87.

Nas três comunidades, a maioria das espécies apresentou distribuição uniforme; em Ibirapitanga oito delas, inclusive o pau-brasil, apresentaram distribuição com tendência à agregação (Tabela 3). Numa comunidade florestal, as espécies arbóreas podem apresentar diferentes padrões espaciais de distribuição. De acordo com Ricklefs (2001), a distribuição agrupada pode resultar de predisposição social em formar grupos, recursos naturais distribuídos de modo agrupado, baixa eficiência das estratégias de dispersão e sementes com fraca distribuição.

Em Pirai do Norte, seis espécies mostraram tendência à agregação e apenas *Erythrina fusca* teve distribuição agrupada, onde o esperado era que apresentasse uma distribuição uniforme, por ter sido introduzida na região como árvore para sombra do cacau, num espaçamento de 24x24 m, conforme Gramacho et al. (1992). A mudança no padrão de distribuição pode ser atribuída à facilidade que a espécie possui em se propagar vegetativamente e também apresentar muita susceptibilidade à quebra de

galho. Em Ubatã, dez espécies, inclusive o pau-brasil, apresentaram tendência à agregação.

Em áreas de cacau-cabruca, de modo geral, os descritores populacionais: abundância (A), riqueza (R), densidade (DA) e dominância (DoA) sofrem influência direta da composição florística da floresta a qual deu origem à cabruca e do manejo utilizado em sua formação e condução. Na formação, tem importância a densidade praticada e a posição da árvore eleita no dossel, quanto à exposição da copa à incidência luminosa (dominante, codominante, dominada ou suprimida). Na condução, a influência ocorre quando se utilizam indivíduos da regeneração para substituir ou repor árvores do sombreamento. Sambuichi (2006) faz referência a esse tema e afirma que quando há necessidade de aumentar o sombreamento do cacau normalmente selecionam-se plântulas de espécies mais conhecidas, de rápido crescimento ou valor econômico; também se recorre à introdução de espécies exóticas. É comum os operários de campo privilegiarem frutíferas e espécies de seu conhecimento.

A Ceplac, órgão do Ministério da Agricultura responsável por cumprir as políticas públicas do cacau, por ocasião da renovação da cacaucultura na década de setenta, na expectativa de aumentar a produtividade e a lucratividade da cultura através do aumento da luminosidade direta nas copas dos cacauzeiros (ALVIM, 1966; GARCIA, 1971), estimulou os cacaucultores à simplificação do ecossistema com pelo menos duas propostas: a diminuição da DA e da riqueza de espécies no sombreamento; e a transformação em monocultura com o corte raso e plantio de uma única espécie na proteção de topo do cacauzeiro, a exótica *Erythrina fusca*, numa DA de 24 x 24 m, bem mais baixa que a praticada. Sob a ótica ambiental e social, essas propostas são inadequadas, pois agridem uma das mais importantes características e vantagens da cabruca, a diversidade de espécies.

As influências dessas duas propostas ainda hoje podem ser percebidas, seja através de recomendações técnicas como as propostas por Gramacho et al. (1992) ou na prática, em condições de campo, como encontrou Sambuichi (2002).

Tabela 2 - Diversidade florística das áreas de cacau-cabruca inventariadas no Sul da Bahia.

Local	A	R	SpE	SpC	SpR	ln(S)	H'	C	J'	QM
Ibirapitanga	152	43	24 (54%)	10	10	3,78	3,29	0,96	0,9	01:03,5
Pirai do Norte	120	36	20 (56%)	10	7	3,97	3,24	0,96	0,88	01:03,2
Ubatã	180	52	36 (68%)	10	7	3,97	3,97	0,96	0,88	01:03,4

A = Abundância; R = riqueza; SpE = espécies exclusivas; SpC = espécies comuns; SpR = espécies restritas; ln(S) = diversidade máxima; H' = índice de Shannon-Wiener; C = índice de dominância de Simpson; J = equabilidade de Pielou; QM = coeficiente de mistura de Jentsch. O nível de significância foi a 10%.

Tabela 3 - Descritores fitossociológicos das 15 espécies arbóreas inventariadas de maior VI em três áreas de cacau-cabruca no Sul da Bahia

Município de Ibirapitanga									
Nome Científico	IGA	DA (ind ha ⁻¹)	DR (%)	FA ind	FR (%)	DoA (m ² .ha ⁻¹)	DoR (%)	VC	VI
<i>Artocarpus heterophyllus</i> .	0,84 Un	15,54	10,5	39,47	10,7	1,11	6,0	16,5	27,2
<i>Alchornea glandulosa</i>	0,95 Un	10,68	7,2	26,32	7,1	2,01	10,8	18,0	25,2
<i>Caesalpinia echinata</i>	1,07 TA	6,800	4,6	15,79	4,3	2,44	13,1	17,7	22,0
<i>Ficus gomelleira</i>	0,88 Un	8,74	5,9	23,68	6,4	1,46	7,8	13,8	20,2
<i>Cedrela</i> sp.	0,90 Un	6,80	4,6	18,42	5,0	1,18	6,4	11,0	16,0
<i>Terminalia brasiliensis</i> .	0,95 Un	3,89	2,6	10,53	2,9	1,76	9,5	12,1	15,0
<i>Cecropia lyratiloba</i>	0,97 Un	9,71	6,6	23,68	6,4	0,36	2,0	8,5	15,0
<i>Schefflera morototoni</i>	0,89 Un	7,77	5,3	21,05	5,7	0,56	3,0	8,3	14,0
<i>Nectandra</i> sp.1	0,92 Un	5,83	4,0	15,79	4,3	0,29	1,6	5,5	9,8
<i>Jacaranda semiserrata</i>	0,92 Un	5,83	4,0	15,79	4,3	0,22	1,2	5,1	9,4
<i>Erythrina fusca</i>	1,18 TA	4,86	3,3	10,53	2,9	0,48	2,6	5,9	8,7
<i>Cariniana legalis</i>	0,97 Un	1,94	1,3	5,26	1,4	0,89	4,8	6,1	7,5
<i>Senna multijuga</i>	1,18 TA	4,86	3,3	10,53	2,9	0,22	1,2	4,5	7,4
<i>Kielmeyera itacarensis</i>	0,99 Un	0,97	0,7	2,63	0,7	1,00	5,4	6,1	6,8
<i>Inga edulis</i>	0,95 Un	3,89	2,6	10,53	2,9	0,22	1,2	3,8	6,7
Demais espécies		49,49	34,1	118,35	31,5	4,37	23,6	57,2	89,1
Total – Ibirapitanga	-	147,63	100	368,42	100,0	18,56	100,0	200,0	300,0
Município de Pirai do Norte									
Desconhecida 73 (morta)	0,94 Un	17,57	13,3	43,33	12,8	1,92	5,0	18,4	31,1
<i>Galliesia scorododendrum</i>	1,46 TA	8,78	6,7	16,67	4,9	6,26	16,4	23,1	28
<i>Ficus gomelleira</i>	1,34 TA	9,88	7,5	20,0	5,9	4,5	11,8	19,3	25,2
<i>Terminalia brasiliensis</i>	1,46 TA	8,78	6,7	16,67	4,9	4,52	11,8	18,5	23,4
<i>Garcinia brasiliensis</i>	0,88 Un	7,69	5,8	23,33	6,9	2,61	6,9	12,7	19,6
<i>Alchornea iricurana</i>	0,91 Un	5,49	4,2	16,67	4,9	0,96	2,5	6,7	11,6
<i>Caesalpinia echinata</i>	0,93 Un	4,39	3,3	13,33	3,9	1,62	4,3	7,6	11,5
<i>Cedrela odorata</i>	0,91 Un	5,49	4,2	16,67	4,9	0,86	2,3	6,4	11,3
<i>Artocarpus heterophyllus</i>	0,91 Un	5,49	4,2	16,67	4,9	0,54	1,4	5,6	10,5
<i>Senna multijuga</i>	1,40 TA	6,59	5,0	13,33	3,9	0,25	0,7	5,7	9,6
<i>Cecropia lyratiloba</i>	0,91 Un	5,49	4,2	16,67	4,9	0,15	0,4	4,6	9,5
<i>Nectandra</i> sp.1	1,27 TA	4,39	3,3	10,0	2,9	0,79	2,1	5,4	8,3
<i>Cariniana estrellensis</i>	0,97 Un	2,2	1,7	6,67	2	1,38	3,6	5,3	7,2
<i>Inga edulis</i>	0,95 Un	3,29	2,5	10,0	2,9	0,61	1,6	4,1	7
<i>Pithecolobium inundatum</i>	0,97 Un	2,2	1,7	6,67	2,0	1,18	3,1	4,8	6,7
Demais espécies		34,08	25,5	93,3	28,0	10,0	26,4	52,1	79,4
Total – Pirai	-	131,74	100,0	340,0	100,0	38,12	100,0	200,0	300,0
Município de Ubatã									
<i>Spondias mombin</i>	1,15 TA	8,86	8,9	26,67	7,8	2,26	11,4	20,3	28,1
<i>Caesalpinia echinata</i>	1,11 TA	9,42	9,4	28,89	8,4	1,39	7,0	16,5	24,9
<i>Lecythis pisonis</i>	0,97 Un	6,09	6,1	22,22	6,5	2,1	10,6	16,7	23,2
<i>Jacaranda semiserrata</i>	1,06 TA	6,65	6,7	22,22	6,5	0,7	3,5	10,2	16,7
<i>Moldenhawera blanchetiana</i>	1,29 TA	2,22	2,2	6,67	2	2,47	12,5	14,7	16,6
<i>Erythrina fusca</i>	1,70 TA	4,98	5	11,11	3,3	1,47	7,4	12,4	15,7
<i>Pithecolobium inundatum</i>	1,25 TA	6,09	6,1	17,78	5,2	0,82	4,1	10,2	15,4
<i>Genipa americana</i>	1,24 TA	4,43	4,4	13,33	3,9	0,93	4,7	9,1	13,0
<i>Trema micrantha</i>	0,92 Un	3,88	3,9	15,56	4,6	0,1	0,5	4,4	8,9
<i>Discophora guianensis</i>	0,93 Un	3,32	3,3	13,33	3,9	0,27	1,4	4,7	8,6
<i>Ceiba pentandra</i>	0,98 Un	1,11	1,1	4,44	1,3	1,08	5,5	6,6	7,9
<i>Centrolobium minus</i>	1,67 TA	3,88	3,9	8,89	2,6	0,16	0,8	4,7	7,3
<i>Loxopterygium</i> sp.	0,95 Un	2,22	2,2	8,89	2,6	0,27	1,3	3,6	6,2
<i>Centrolobium</i> sp.	1,29 TA	2,22	2,2	6,67	2	0,32	1,6	3,8	5,8
<i>Cecropia lyratiloba</i>	0,95 Un	2,22	2,2	8,89	2,6	0,18	0,9	3,1	5,7
Demais espécies		32,06	33,2	126,57	38,3	5,29	27,2	58,9	96,3
Total – Ubatã	-	99,69	100,0	342,22	100,0	19,81	100,0	200,0	300,0

IGA = índice de agregação de espécies [Ag = agregação (IGA = 2) , TA = tendência a agregação 1 = IGA < 2), Un = uniforme (IGA < 1)]; DA = densidade absoluta; DR = densidade relativa; FA = frequência absoluta; FR = frequência relativa; DoA = dominância absoluta; DoR = dominância relativa; VC = valor de cobertura e VI = valor de importância.

O valor total da DA em Ibirapitanga, Piraí do Norte e Ubatã foi respectivamente 148, 132 e 100 ind ha⁻¹, os quais equivalem a espaçamentos de 9x7, 9x8 e 9x11 m, correspondentemente. Com base na classificação proposta por Lobão et al. (2004) e Setenta et al. (2005), elas estariam classificadas como cabruças de alta densidade em árvores de sombra. Esses valores de densidades comprovam suas potencialidades ambientais e pode evidenciar a possibilidade do sistema ser conduzido ou manejado de forma policíclica.

Alvim e Pereira (1972) realizaram levantamentos em áreas de cacau e estimaram que essas apresentavam uma densidade média de árvores de sombra em torno de 76 ind ha⁻¹. Com o objetivo de aumentar a produtividade do cacauzeiro, Alvim (1966) estabeleceu um padrão e recomendou que a densidade deveria variar entre 25 e 35 ind ha⁻¹. Lobão et al. (2007), nos municípios de Santa Luzia e Ilhéus (BA), em cacau-cabruças, com um limite restritivo para DAP < 15 cm, encontraram no primeiro município DA de 35 ind ha⁻¹, enquanto que no segundo, os trabalhos desenvolvidos em uma cabruca e num fragmento florestal contíguo, obtiveram DA de 20 e 126 ind ha⁻¹, respectivamente.

Observa-se que as comunidades Ibirapitanga e Piraí do Norte apresentaram maior densidade arbórea, do que o fragmento florestal trabalhado por Setenta (2005) em Ilhéus. Isso sugere uma versatilidade do sistema em suportar maiores densidades, o que amplia a possibilidade de manejo florestal sustentável. As possíveis reduções na produção do cacau, com conseqüentes perdas financeiras advindas desse adensamento, podem ser equilibradas, compensadas e mesmo superadas pela exploração comercial dos produtos e subprodutos dos componentes arbóreos do sombreamento. Outro aspecto desse adensamento é que ele permite trabalhar não apenas a produção de bens de consumo, como de bens intangíveis. Isso evidencia e amplia a capacidade do sistema cacau-cabruca em proporcionar uma conservação produtiva.

A dominância (DoA) é um indicador populacional que exprime diretamente o quanto se tem em área física ocupada. É um parâmetro que auxilia a regular o manejo voltado para a conservação produtiva de espécies arbóreas num cacau-cabruca. As três comunidades apresentaram valores distintos para a DoA total (19; 38 e 20 m² ha⁻¹). Lobão et al. (2007), ao considerar o limite de inclusão, DAP = 15 cm, encontraram 16 m² ha⁻¹ de DoA no cacau-cabruca em Santa Luzia (BA). Na cabruca de Ilhéus a DoA foi 6 m² ha⁻¹, enquanto que no fragmento, a dominância apresentou-se com 10 m² ha⁻¹. Oliveira (2002), trabalhou com floresta ombrófila densa atlântica e encontrou a DoA total de 57,9 m² ha⁻¹; Sambuichi (2002 e 2006) em uma cabruca, em Ilhéus (BA), obteve respectivamente 20 e 40 m² ha⁻¹. A cabruca sendo proveniente de uma floresta

perturbada, que teve seu sub-bosque plantado, não seria singular ela apresentar valores similares a fragmentos florestais secundários também perturbados. Nessa condição, no planalto paulistano da cidade universitária Armando de Salles Oliveira, Dislich et al. (2006) encontraram uma DoA total de 20 m² ha⁻¹.

A análise da estrutura horizontal da área inventariada no município de Ibirapitanga (Tabela 3) permite observar que as oito espécies com maior VC foram as mesmas que apresentaram maior dominância. Essas oito espécies correspondem a 49% dos indivíduos da área e 69% de toda a área basal. Dentre elas, encontram-se espécies que compõem diferentes estádios sucessionais.

Em Piraí do Norte (Tabela 3), *Gallesia scorododendrum* (pau-d' alho) foi a espécie que apresentou maior VC e esse comportamento ocorreu face ao bom comportamento da espécie no que diz respeito à dominância, representando 16% da DoR total da área, e ao 3º melhor resultado em densidade, que representa 7% de todos os indivíduos.

Analisando a Tabela 3, relacionado à comunidade de Ubatã, nota-se que ao comparar com as áreas anteriores (Ibirapitanga e Piraí do Norte), apenas o pau-brasil manteve-se entre as dez com maior valor. Ocorreu mudança nas espécies de melhor VC, que apresentaram 63% do valor de cobertura total. Além de *C. echinata*, *Lecythis pisonis*, *Centrolobium minus* e *Pithecolobium inundatum* são espécies do estágio sucessional avançado, enquanto que *Ceiba pentandra*, *Moldenhawera blanchetiana*, *Discophora guianensis* e *Jacaranda semiserrata* são do estágio médio.

Em Ubatã, a espécie com maior valor de cobertura foi *Spondias mombin*, que apresentou a segunda melhor frequência, densidade e dominância. Originária da floresta amazônica, adaptou-se muito bem ao sistema de produção do cacau e à região cacauzeira baiana.

Artocarpus heterophyllus (jaca) em Ibirapitanga, *Ficus gomelleira* (gameleira) em Piraí do Norte, *Spondias mombin* (caja) em Ubatã; dessas três, duas são muito apreciadas pelo homem (jaca e cajá) e dessa forma, protegidas, enquanto que a gameleira preferida pela avifauna é “perseguida” pelo cacauicultor que tenta erradicá-la das áreas cultivadas. Independente a isso, elas apresentam altos valores de VI nas respectivas comunidades relacionadas, o que indica a eficiência de suas estratégias reprodutivas e de colonização.

A. heterophyllus e *S. mombin* também são apreciadas pela fauna silvestre que, por outro lado, acaba por contribuir nas suas síndromes de estabelecimento. Preocupante é que essas espécies mostram tendência à dominação. A despeito disso, é possível inferir que o manejo dispensado ao componente arbóreo do cacau-cabruca, além de intencionalmente privilegiar espécies,

tem apenas considerado a sua função de proteção, sem oportunizar sua potencialidade para a conservação produtiva. É conveniente ressaltar a diversidade de uso e qualidade da madeira (construção civil e naval), a versatilidade de adaptação a ambientes com alta ou baixa incidência luminosa direta, os benefícios sociais e ecológicos que *A. heterophyllus* é capaz de proporcionar e tudo isso permite aventar que é fundamental otimizar o potencial econômico que essa espécie apresenta. Utilizá-la apenas como árvore de proteção de topo (sombra) para o cacau é subutilização.

Nas três comunidades trabalhadas, pela presença de espécies características de estádios sucessionais avançados, pode-se inferir sobre a importância que esse sistema de produção (cacau-cabruca) assume para a sobrevivência e conservação de espécies em um dos mais impactados biomas do mundo. Dentre as beneficiadas encontra-se *Caesalpinia echinata* (pau-brasil), que ainda possui grande valor de mercado, mas como matéria prima para a confecção de arco de violino e a *dalbergia nigra* (jacarandá-da-bahia) que está relacionada no Anexo I da Cites. É fundamental ressaltar que a região cacauzeira, mesmo empiricamente, teve a capacidade de conservar em uma área de produção agrícola indivíduos arbóreos em abundância, densidade e dominância, capazes de garantir sua sobrevivência e possibilitar o estabelecimento de políticas públicas que favoreçam sua conservação. Além disso, essas áreas têm potencial também para produzir rendimentos capazes de garantir a sustentação, viabilidade e permanência do próprio sistema cacau-cabruca, que se encontra ameaçado pelas dificuldades que a cacauicultura enfrenta.

Conclusões

Os resultados encontrados permitem concluir que áreas de cacau implantadas em sistema agrossilvicultural cacau-cabruca:

- i) apresentaram baixa similaridade entre elas;
- ii) conservaram em seu componente arbóreo indivíduos e táxons nativos de diferentes estádios sucessionais, além de raros e com valor comercial;
- iii) apresentaram diversidade arbórea com densidade, dominância e capacidade de sustentar programas de resgate e conservação produtiva de espécies arbóreas ameaçadas;
- iv) possibilitaram a permanência de indivíduos da espécie *Caesalpinia echinata* (pau-brasil) em abundância, densidade e dominância passíveis de serem manejadas em bases sustentáveis.

Agradecimentos

Sinceros agradecimentos a Demóstenes L. Carvalho, Dida Melo, Duda - José Eduardo B. de Sá, Eduardo Santos, Jomar Jardim, José Antônio, José Lima, Kátia Curvelo, Lindolfo Pereira, Neli Silva, Raul Valle, Robélio Duarte, Rubão (Ceplac). Este trabalho contou integralmente com o apoio do Programa Pau-brasil.

Literatura Citada

- ALVIM P. de T. 1966. O problema do sombreamento do cacauzeiro. *Cacau Atualidades* (Brasil) 3 (2): 2-5.
- ALVIM P de T.; PEREIRA C. P. 1972. Sombra e espaçamento nas plantações de cacau da Bahia. *Cacau Atualidades* (Brasil) 9 (3): 2-3.
- ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP-APG. 2003. As up date of the Angiosperm Phylogeny Goup classification for the orders and families of flowering plants: APG II. *Botanical Journal of the Linnean Society* 141: 399-436.
- BRITO, E. R. et al. 2006. Estrutura fitossociológica de um fragmento natural de floresta inundável na área de orizicultura irrigada, município de Lagoa da confusão, Tocantins. *Revista Árvore* (Brasil) 30 (5): 829-836.
- BONDAR, G. 1956. Cultura do Cacau. *Boletim da Secretaria da Agricultura, Indústria e Comércio do Estado da Bahia* (Brasil) 52 (16): 7-34.
- BORÉM, R. A. T.; OLIVEIRA, FILHO, A. T. 2002. Fitossociologia do estrato arbóreo em uma topossequência alterada de Mata Atlântica, no município de Silva Jardim, RJ, Brasil. *Revista Árvore* (Brasil) 26 (6): 727-742.
- CASTRO, C. F. A. 2002. Gestão florestal no Brasil Colônia. Tese Doutorado, Brasília, UNB. 199 p.
- CONSULTORIA E DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS - CIENTEC. 2006. Mata Nativa 2: manual do usuário. Viçosa, MG. 295 p.
- CURTIS, J. T.; MCINTOSH, R. P. 1950. The interrelations of certain analytic and synthetic phytosociological charaters. *Ecology* 31 (3): 434-454.
- DISLICH, R.; CERSÓSIMO, L.; MANTOVANI, W. 2001. Análise da estrutura de fragmentos no planalto paulistano-SP. *Revista Brasileira de Botânica* 24 (3): 321-332.
- FRANCO, M. et al. 1994. Program of the Enviromental Development of the Rainforest Region in Bahia, Brazil – Development of a Methodology. Institut für

- Landschaftsplanung und Ökologie, University Stuttgart. 23 p.
- FONSECA, R. C. B.; RODRIGUES, R. R. 2000. Análise estrutura e aspectos do mosaico sucessional de uma floresta semi-decíduos em Botucatu., SP. Scientia Forestalis (Brasil) 57: 27-43.
- GARCIA, J. R. 1971. Renovação de cacauais com derruba total. In: Semana do Fazendeiro, 7ª, Uruçuca, BA, Brasil, 1971. Agenda. Uruçuca, CEPLAC/DEPED. v.1 pp.1-8.
- GRAMACHO, I. C. P. et al. 1992. Cultivo e beneficiamento do cacau na Bahia. Ilhéus, CEPLAC, . 124p.
- LEWIS, G. P. 1998. Caesalpinia – a revision of the Poiciannella-Erythrostemon Group. Kew, Royal Botanic Gardens, 233 p.
- LOBÃO D. E.; CARVALHO A. M.; CARVALHO D. L. 1997. Ecossistemas e agroecossistemas do sudeste da Bahia - Bioma Mata Atlântica. Revista dos Mestrados em Direito Econômico da UFBA. Ed. Especial nº 5: 32-45.
- LOBÃO, D. E. et al. 2007. Cacau Cabruca – sistema agrossilvicultural tropical. Ciência, tecnologia e manejo do cacau. In: Valle, R. R. ed. Ciência, tecnologia e manejo do cacau. Itabuna, Gráfica e Editora Vital LTDA. pp. 290-323.
- LOBÃO D. E.; SETENTA W. C.; VALLE, R. R. 2004. Sistema agrossilvicultural cacau. modelo de agricultura sustentável. Agrossilvicultura (Brasil) 1 (2): 163-173.
- LOBÃO, E. S. P. 2006. Análise dos conflitos entre produtores rurais e mamíferos silvestres na região cacau. do Sul da Bahia - Corredor Central da Mata Atlântica. Dissertação Mestrado. Ilhéus, UESC. 71p.
- MAGURRAN, A. E. 1988. Ecological diversity and its measurement. Princeton. University Press. 348 p.
- MARTINS, F. R. 1979. O método dos quadrantes e a fitossociologia de uma floresta residual do interior do Estado de São Paulo: Parque Estadual de Vassununga. USP, São Paulo. Tese Doutorado. São Paulo, USP/IB. 239p.
- MELLO, Y.; BISPO, K. C. 2005. Reserva Legal: aspectos legais e sustentabilidade da propriedade rural. In: Semana do Fazendeiro, 25ª, 2005. Uruçuca, Bahia. Ilhéus, CEPLAC/CENEX/ EMARC. pp.136-137.
- MCGUINNES, W. G. 1934. The relationship between frequency index and abundance as applied to plant populations in a semi-arid region. Ecology 16: 263-282.
- MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLENBERG, H. 1974. Aims and methods of vegetation ecology. New York, John Wiley & Sons. 547 p.
- MYERS, N. et al. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. Nature 403: 853-858.
- OLIVEIRA, R. R. 2002. Ação antrópica e resultantes sobre a estrutura e composição da Mata Atlântica na Ilha Grande, RJ. Rodriguesia (Brasil) 53 (82): 54-55.
- PIELOU, E. C. 1975. Ecology diversity. New York, John Wiley & Sons, 165 p.
- REDFORD, K. H. 1992. The empty forest. BioScience 42: 412-422.
- RICKLEFS, E. R. 2001. A Economia da Natureza. Rio de Janeiro, RJ. Ed. Guanabara Koogan. 503 p.
- PINTO, A. C. M. et al. 2002. Análise de danos de colheita de madeira em floresta tropical úmida sob regime de manejo florestal sustentado na amazônia ocidental. Revista Árvore (Brasil) 26 (4): 459-466.
- SAMBUICHI, R. H. R. 2006. Estrutura e dinâmica do componente arbóreo em área de cabruca na região cacau. do sul da Bahia, Brasil. Acta Botânica Brasilica (Brasil) 20 (4): 943-954.
- SAMBUICHI, R. H. R. 2002. Fitossociologia e diversidade de espécies arbóreas em cabruca (mata Atlântica raleada sobre plantação de cacau) na região Sul da Bahia, Brasil. Acta Botânica Brasilica (Brasil) 16 (1): 89-101.
- SANTANA, S. O. de. et al. 2002. Solos da Região Sudeste da Bahia - atualização da legenda de acordo com o sistema brasileiro de classificação de solos - Ilhéus, CEPLAC; Rio de Janeiro, RJ. EMBRAPA SOLOS. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, nº16. 93p.
- SANTOS, O. M.; LOBÃO, D. E. 1982. Sombreamento definitivo do cacau. Ilhéus, CEPLAC/CEPEC. 24p.
- SETENTA, W. C. et al. 2005. Avaliação do sistema cacau-cabruca e de um fragmento de Mata Atlântica. 40 Anos do Curso de Economia (memória). Ilhéus UESC/Editus. pp.605-628.
- TAVARES, L. H. D. 1979. História da Bahia. São Paulo, Ed. Ática. pp.25-8.
- THOMAS, W. W. et al. 1998. Plant endemism in two forests in southern Bahia, Brasil. Biodiversity and Conservation 7: 311-322.
- VAN BELLE JF, LOBÃO D.E; HERRERAS. 2003. La forêt dense humide atlantique du Brésil et le système cacao-cabruca bahianais. Parcs & Réserves 58 (3): 22-28.
- VELOSO H. P.; RANGEL-FILHO A. L.; LIMA, J. C. A. 1991. Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal. Rio de Janeiro, IBGE. 124 p.
- VINHAS, S. G.; SILVA, L. A. M. 1982. Árvores aproveitadas como sombreadoras de cacau. do sul da Bahia e norte do Espírito Santo. Ilhéus, CEPLAC/CEPEC. 156 p. ●

MINIESTAQUIA EM ESPUMA FENÓLICA: NOVA FERRAMENTA PARA AVALIAÇÃO DE RESISTÊNCIA À MURCHA DE *CERATOCYSTIS* EM CACAUEIRO

Dilze Maria Argôlo Magalhães, George Andrade Sodré, Elisângela dos Santos, Larissa Argôlo Magalhães

Centro de Pesquisas do Cacau, Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira - CEPLAC, Rod. Ilhéus-Itabuna, km 22, Ilhéus, BA, 45662-000, Brasil. dilze@ceplac.gov.br, sodre@ceplac.gov.br, elissantos10@hotmail.com, lariargolo@yahoo.com.br.

A murcha de *ceratocystis* é uma importante doença do cacaueiro causada por *Ceratocystis cacaofunesta*. O fungo pode penetrar na planta através de ferimentos durante os tratos culturais, por meio de inseto vetor ou diretamente pelas raízes. Este trabalho objetivou testar a inoculação de *C. cacaofunesta* em raízes de cacaueiros propagadas por miniestaquia em espuma fenólica para seleção de resistência. O experimento foi conduzido no Centro de Pesquisa do Cacau da Ceplac, Ilhéus, BA. Foram usadas miniestacas de ramos plagiotrópicos medindo de 6 a 10 cm de comprimento dos clones CCN-51, CEPEC-2002, cacau JACA, PH-16 e PS-1319. O delineamento foi em blocos casualizados e os tratamentos formados pelos clones com quatro repetições, seis miniestacas/repetição. O substrato usado para enraizamento foi espuma fenólica, as miniestacas foram mantidas em câmara de nebulização e após 60 dias foram inoculadas nas raízes. As raízes foram inicialmente aparadas para obtenção de lesões para facilitar a penetração do fungo e em seguida foram imersas por 24 h em 1L de inóculo de *C. cacaofunesta* ($3,0 \times 10^4$ ui/mL). A avaliação ocorreu 15 dias após a inoculação pela contagem de sobrevivência das estacas. Verificou-se diferença significativa ($P < 0,01$) para número de miniestacas sobreviventes, o cacau JACA teve 100% de sobrevivência, enquanto que CCN-51 apresentou menor sobrevivência (17%). Os clones CEPEC-2002 e PS-1319 com 63%, não diferiram do PH-16 (38%). O método mostrou-se fácil e de rápida execução e confirmou o comportamento dos clones cacau JACA (resistente) e CCN-51 (suscetível) a *C. cacaofunesta*, o que sugere o seu uso para selecionar genótipos de cacaueiro resistentes à murcha de *Ceratocystis*.

Palavras-chave: *Ceratocystis cacaofunesta*, *Theobroma cacao*, estaquia de cacaueiro

Mini cutting in phenolic foam: new tool to *Ceratocystis* wilt resistance evaluation in cocoa. The *Ceratocystis* wilt is an important cacao disease caused by *Ceratocystis cacaofunesta*. The fungus can penetrate the plant through injuries during cultivation, by insect vector or directly by the roots. This study aimed to test the inoculation of *C. cacaofunesta* in cacao roots propagated by minicutting as a test to select for disease resistance. The experiment was conducted at the Cocoa Research Center Ceplac, Ilheus, BA. Minicutting of plagiotropic branches measuring between 6 to 10 cm length of the clones CCN-51, CEPEC-2002, cacao JACA, PH-16 and PS-1319 were used in a randomized blocks design with four replications of six plants per clone. The substrate used to rooting was phenolic foam, and cuttings were kept in a mist chamber and after 60 days were inoculated on the roots. The roots were trimmed to facilitate the fungus penetration and then were immersed for 24 h in 1 L of *C. cacaofunesta* inoculum suspension (3.0×10^4 iu/ml). The evaluation occurred 15 days after inoculation by counting the amount of surviving cuttings. Significant difference was found ($P < 0.01$) cacao JACA with survival of 100%, while CCN-51 showed the lowest survival (17%). The clones CEPEC-2002 and 1319 PS-63% did not differ of PH-16 (38%). The method proved to be of easy and fast execution and confirmed the behavior of the clones cacao JACA (resistant) and CCN-51 (susceptible) to *C. cacaofunesta*. The method proved to be suitable to select resistance in cacao genotypes to *Ceratocystis* wilt.

Key words: *Ceratocystis cacaofunesta*, *Theobroma cacao*, cuttings of cacao

A murcha de ceratocystis causada pelo fungo *Ceratocystis cacaofunesta* Engelbr. & T.C. Harr., (Engelbrecht; Harrington, 2005) conhecida popularmente como “mal do facão” é uma importante doença do cacauzeiro (*Theobroma cacao* L.). Na Bahia a doença foi identificada pela primeira vez em mudas enxertadas e posteriormente no campo, em plantas adultas clonadas (Bezerra, 1997; Bezerra et al., 1998). Esta doença atualmente tem causado a morte de plantas em diferentes fases de desenvolvimento (Luz et al., 2013).

Ceratocystis cacaofunesta pode penetrar na planta por ferimentos, pelas ferramentas utilizadas na realização dos tratos culturais, principalmente a desbrota, a poda e a enxertia (Delgado; Suárez, 2003; Oliveira e Luz 2005). Também pode penetrar diretamente pelas raízes, pois sendo um fungo presente no solo a disseminação pode ocorrer pelo contato entre as raízes das plantas (Ferreira e Milani, 2002; Firmino et al., 2013), e pela casca através de insetos vetores dos gêneros *Xyleborus* e *Xylosandrus*, que disseminam propágulos do fungo de plantas doentes para sadias de forma direta e indireta (Oliveira e Luz, 2005; 2012).

Ceratocystis cacaofunesta é um patógeno de difícil controle, provoca danos irreversíveis no sistema vascular da planta e em pouco tempo a planta morre, mas as folhas mortas permanecem aderidas por muito tempo, passando o fungo a crescer no tecido em decomposição onde são formados os esporos sexuados e assexuados (Silva et al. 2004; Tumura et al. 2012). O uso de genótipos de cacauzeiros resistentes é o método mais eficiente para controle da doença (Silva et al., 2004, 2012; Delgado e Suárez, 2003; Baker e Harrington, 2004; Alarcon, 1994; Chong, 1961; Lawrence et al, 1991).

Várias pesquisas vêm sendo realizadas para seleção de genótipos resistentes a murcha de ceratocystis usando metodologias de inoculação com pedaços de ramos destacados (Delgado e Echandi, 1965), inoculação em caule de plantas adultas no campo e em caules de mudas (Delgado e Suárez, 2003; Silva et al. 2004; 2007; 2012; 2013; Sanches, 2007; Oliveira et al. 2009,). Na obtenção de mudas clonais de cacauzeiros para testar a resistência ao *C. cacaofunesta* é necessário a esterilização do substrato e o uso de material em que o caule apresente aproximadamente 1,5 cm de diâmetro (Silva et al. 2004; 2007; 2012; 2013; Sanches, 2007).

O uso de miniestacas garante um enraizamento vigoroso e aumenta a capacidade de sobrevivência das estacas (Sodré, 2007). Por outro lado a espuma fenólica por ser um material estável, isento de patógenos e de fácil manejo, facilita a condução dos experimentos, principalmente quando comparado ao enraizamento com substrato em tubetes (Freitas et al. 2005). A espuma fenólica é constituída de material estéril, não interfere na nutrição das plantas e tem capacidade de prover boa sustentação para a muda, além de alta capacidade de retenção de umidade e aeração (Silva, 2012).

O trabalho teve como objetivo testar o método de inoculação de *C. cacaofunesta* aplicando o inóculo no sistema radicular de mudas de genótipos de cacauzeiros propagadas por miniestaquias em espumas fenólicas para seleção de resistência.

O experimento foi conduzido na Câmara de nebulização do Centro de Pesquisas do Cacau da Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira - CEPLAC, Ilhéus, BA. Foram utilizadas miniestacas dos clones CCN-51, CEPEC-2002, cacau JACA, PH-16 e PS-1319 oriundas de plantas matrizes do Banco de Germoplasma. O delineamento experimental foi em blocos com cinco clones e quatro repetições e a unidade experimental formada por seis miniestacas.

Hastes apicais herbáceas, de ramos plagiotrópicos (Figura 1A), foram coletadas pela manhã e transportadas para a casa de vegetação onde foram preparadas as miniestacas com quatro a cinco folhas e 6 a 10 cm de comprimento, tendo as bases cortadas transversalmente 2 mm abaixo da gema foliar. A primeira folha da base para o ápice foi reduzida em 50% e as demais em 20% do tamanho original (Figura 1B).

Após o corte as miniestacas foram colocadas em um Becker com água para mantê-las hidratadas (Figura 1C) e não foram tratadas com fungicida para não interferir no resultado da inoculação com *C. cacaofunesta*. Posteriormente tiveram a base imersa por 5 segundos em ácido indolbaltírico (AIB) diluído em solução hidro alcoólica na concentração de 6.000 mg.L⁻¹ (Sodré, 2013) (Figura 1D). As miniestacas foram inseridas a 2 cm de profundidade do topo de espumas fenólicas retangulares (2,5 x 2,5 x 5 cm) pré umedecidas (Figura 1E), fixadas verticalmente em bandejas plásticas e imediatamente conduzidas à câmara de nebulização, programada para

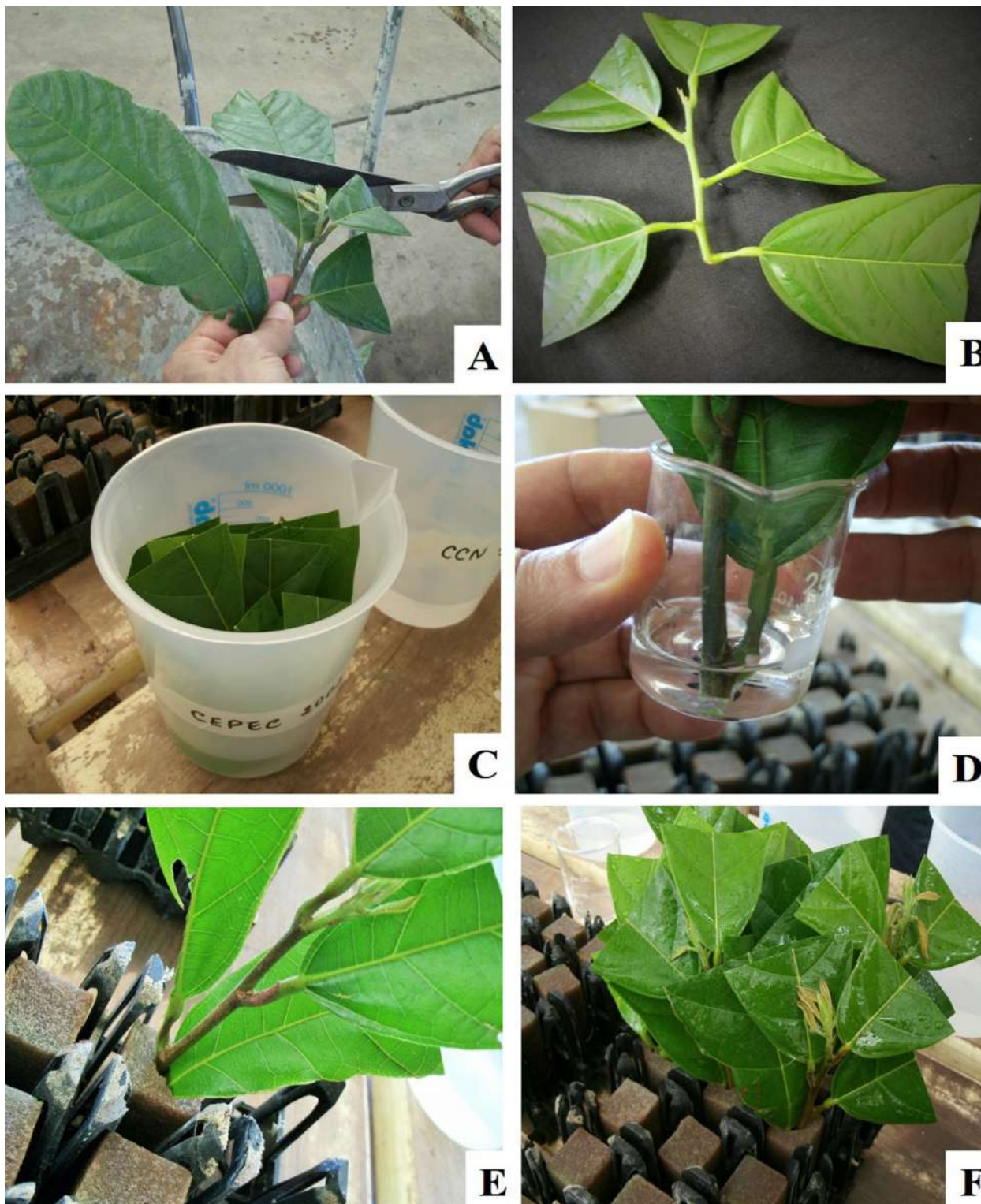


Figura 1 - Inoculação de *C. cacaofunesta* nas raízes de cacaueiros: (1A) miniestacas apicais herbáceas, de ramos plagiotrópicos; (1B) Miniestacas, com 4 a 5 folhas, a primeira folha reduzida em 50% e as demais em 20% do tamanho; (1C) Colocadas em água para manter hidratação; (1D) Tratando-as no ácido indolbutfírico; (1E,F) Inseridas a 2 cm de profundidade em espumas fenólicas e fixadas verticalmente em bandejas.

microaspersão diária por 10 segundos a cada dez minutos das 6:00 às 18:h. (Figura 1F) (Sodré, 2013). A fim de garantir a nutrição mineral das estacas enraizadas, aos 30 e 45 dias cada espuma recebeu 5 mL de solução de Hoagland ($\frac{1}{4}$ de força iônica).

A inoculação de *C. cacaofunesta* foi realizada aos 60 dias da permanência das miniestacas em espuma fenólica. Antes da inoculação as estacas com sistema radicular maior foram selecionadas (Figura 2 A); e as raízes foram aparadas com a finalidade de obter lesões para facilitar a penetração do fungo (Figura 2B). O inóculo de *C. cacaofunesta* foi preparado utilizando culturas do isolado Cc20 (Figura 2C), na concentração de $3,0 \times 10^4$ μ /mL. Em seguida, as bandejas contendo as estacas foram colocadas em caixas plásticas onde foi depositado 1L de inóculo. O sistema radicular das estacas ficou imerso na suspensão de inóculo por um período de 24 horas em câmara úmida (Figura 2D, E). Após esse período o inóculo foi drenado e as bandejas encaminhadas para câmara de nebulização.

A avaliação foi realizada 15 dias após a inoculação, pela contagem de estacas vivas e mortas (Figura 2F). Os dados foram submetidos à análise de variância e por não apresentarem distribuição normal foram transformados em raiz quadrada de $X + 0,5$. As médias foram comparadas pelo teste Tukey ($P < 0,05$), utilizando o programa SAS (SAS Institute, 2004).

Os clones apresentaram diferentes reações ao patógeno e este foi reisolado das plantas com sintomas. Foi verificada diferença significativa ($P < 0,01$) entre o clone cacau JACA em relação aos demais clones com 100% de estacas vivas enquanto o clone CCN-51 foi o que menos sobreviveu e apresentando apenas 17% de estacas vivas. Os clones CEPEC-2002 e PS-1319 apresentaram resistência intermediária ao patógeno com um percentual de 63% de estacas vivas, mas não diferiram estatisticamente de PH-16 com 38% e este também não diferiu de CCN-51. O coeficiente de variação do experimento (14,95%) atesta a precisão do mesmo.

Estes resultados confirmam o comportamento de resistência do cacau JACA em testes anteriores (Silva et al. 2004, 2007, 2012, 2013; Oliveira et al., 2009) e a alta resistência ao *C. cacaofunesta* que supera os demais clones, sendo normalmente utilizado como padrão de resistência (Silva et al. 2004).

O cacau JACA distinguiu-se estatisticamente de todos os demais clones com 100% de estacas vivas, enquanto os clones CEPEC-2002 e PS-1319 mostraram-se menos resistentes que o cacau JACA, porém apresentam resistência quando comparados ao padrão de suscetibilidade (CCN-51). Confirmaram-se também resultados anteriores que indicaram o clone CCN-51 como padrão de suscetibilidade. Nesse contexto deve-se destacar que o clone CCN - 51 foi anteriormente avaliado como suscetível tanto em inoculação em mudas, como em galhos no campo (Luz et al. 2000; Magalhães et al, 2012; Silva et al., 2004, 2012, 2013).

O uso de miniestacas enraizadas em espuma fenólica auxiliou e facilitou a avaliação de resistência dos genótipos de cacaueiro ao *C. cacaofunesta*. Isso ocorreu devido à praticidade na obtenção de estacas em curto espaço de tempo (60 dias) entre o enraizamento e a inoculação com *C. cacaofunesta* e 15 dias para a avaliação dos resultados. Desta forma, entende-se que com esse método será possível testar a resistência de maior número de clones, independente da época do ano. Deve-se também destacar a forma segura e prática de realizar a inoculação, por não haver necessidade de transportar o patógeno para o campo, como ocorre na inoculação de plantas adultas e a rápida obtenção dos resultados, já aos 15 dias após a inoculação.

O método descrito nessa pesquisa permite avaliar além da resistência à murcha de ceratocystis, a taxa de enraizamento dos genótipos estudados. Pode ser também usado em estudos onde se verifica que o solo ou o substrato podem interferir na avaliação de resultados, como por exemplo: nos testes de controle biológico *in vivo* do patógeno por antagonistas e nas avaliações de indução de resistência por compostos minerais.

A miniestaquia com enraizamento em espuma fenólica mostrou-se de fácil e rápida execução em raízes de cacaueiros e pode ser usada para selecionar genótipos de cacaueiro resistentes à murcha de ceratocystis.

Agradecimentos

Os autores agradecem aos Servidores da Ceplac: Edmundo Dias de Andrade pelo treinamento ministrado; a Ana Rosa Rocha Niella, Virgínia Oliveira Damaceno,

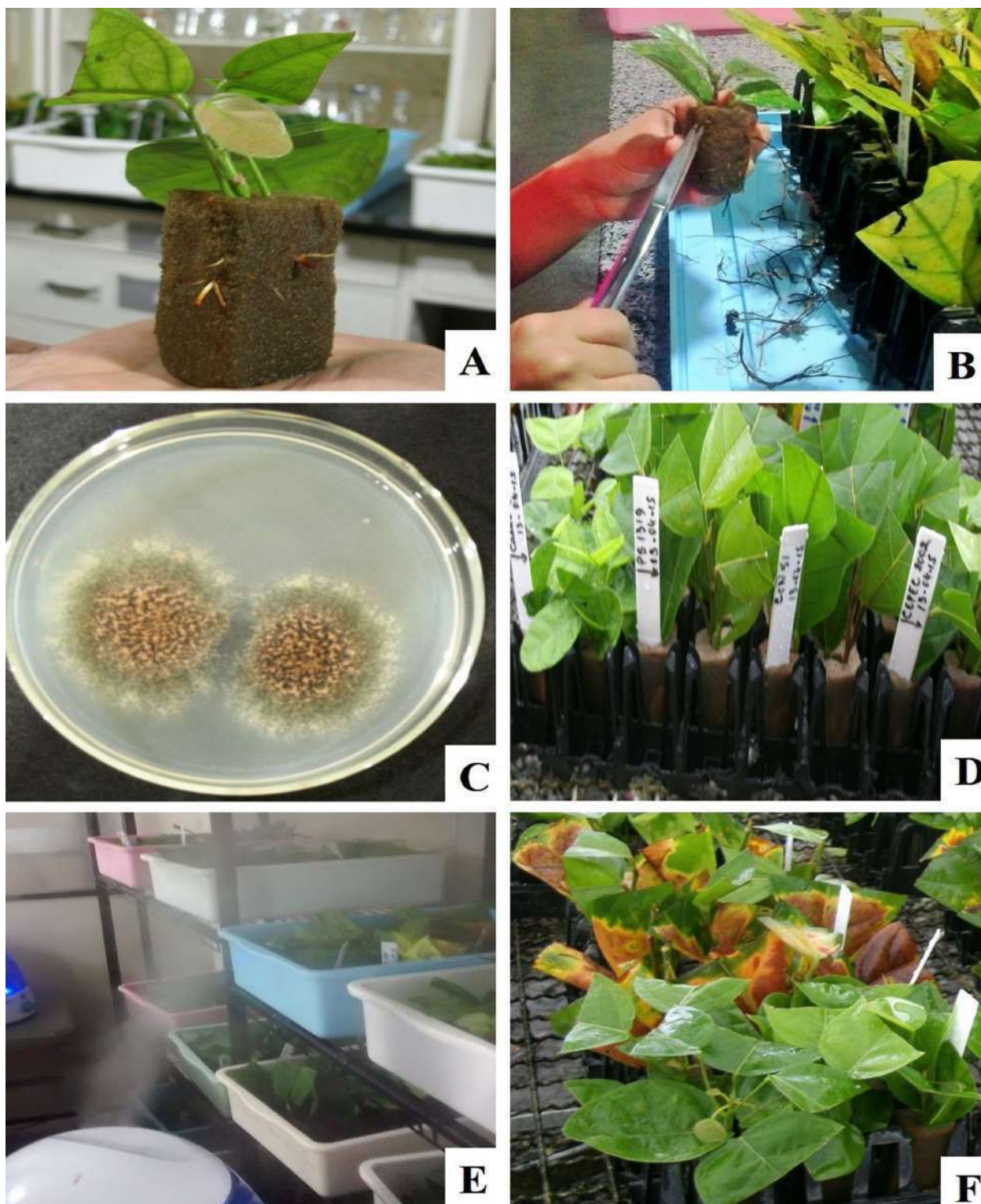


Figura 2 - Inoculação de *C. cacaofunesta* nas raízes de mudas de cacaueiros: (2A) Seleção de mudas enraizadas; (2B) As raízes foram aparadas para a obtenção de lesões e penetração do fungo; (2C) Colônias de *C. cacaofunesta* usadas no preparo do inóculo; (2D, E) As bandejas contendo as mudas foram imersas no inóculo por 24 h em câmara úmida; (2F) Avaliação aos 15 dias após a inoculação pela contagem de mudas vivas e mortas.

Ananias Virginio de Jesus e Arnaldo de Souza Santos pelo apoio na condução do experimento em casa de vegetação e laboratório e a Lindolfo Pereira dos Santos pela contribuição nas análises estatísticas.

Literatura Citada

- ALARCON, C. R. M. 1994. Determinación de resistencia de 250 clones de cacao de origen nacional al ataque de mal de machete. Graduation Thesis. Guayaquil, Universidad Agraria del Ecuador.
- BAKER, C. J.; HARRINGTON, T. C. 2004. *Ceratocystis fimbriata*. In: Crop protection compendium. Kew Surrey, CABI Publishing. pp.14.
- BEZERRA, J. L., et al. 1998. Ocorrência de *Ceratocystis fimbriata* em clones de cacau no Estado da Bahia. Fitopatologia Brasileira 23:228 (Resumo 117).
- BEZERRA, J. L. 1997. *Ceratocystis fimbriata* causing death of budded cocoa seedlings in Bahia, Brazil. Incoped Newsletter 1:6.
- CHONG, G. L. 1961. Desarrollo de la infección y naturaleza de la resistencia clonal a *Ceratocystis fimbriata*. Tesis para obtener el grado de Ingeniero Agronomo. Guayaquil, Ecuador, Universidad de Guayaquil. Facultad de Agronomía Y Veterinaria. 120p.
- DELGADO, U.; ECHANDI, E. 1965. Evaluación de la resistencia de especies y clones de cacao al mal del machete provocado por *Ceratocystis fimbriata*. Turrialba (Costa Rica)15:286-289.
- DELGADO, R.; SUÁREZ, C. 2003. Diferencias en agresividad entre aislamientos de *Ceratocystis fimbriata* de Ecuador y Brasil en cacao. In: Seminário Nacional de Sanidad Vegetal 12º, Lacatunga. Proceedings. Lacatunga, Ecuador. 8p.
- ENGELBRECHT, C. J. B.; HARRINGTON, T. C. 2005. Intersterility, morphology and taxonomy of *Ceratocystis fimbriata* on sweet potato, cacao and sycamore. Mycologia 97:57-69.
- FERREIRA, F. A.; MILANI, D. 2002. Diagnose visual e controle das doenças abióticas e bióticas do eucalipto no Brasil. Mogi Guaçu, SP, International Paper. p. 104.
- FIRMINO, A. C.; TOZZE JUNIO H. J.; DE SOUZA, I. C. G. 2013. Resistência de genótipos de Eucalipto a *Ceratocystis* spp. Scientia Forestalis (Brasil) 41(98):165-173.
- FREITAS, T. A. S., et al. 2005. Desempenho radicular de mudas de eucalipto produzidas em diferentes recipientes e substratos. Revista Árvore (Brasil) 29(6):853-861.
- LAWRENCE, J. S.; CAMPÊLO, A. M. F. L.; FIGUEIREDO, J. M. 1991. Enfermidades do cacaueiro. III - Doenças fúngicas vasculares e radiculares. Agrotrópica (Brasil) 3(2): 65-73.
- LUZ, E. D. M. N., et al. 2013. Atualidades no manejo de doenças do cacaueiro no Brasil. In: Núcleo de Estudos em Fitopatologia, org. Patologia Florestal: desafios e perspectivas. 1ªed. Lavras - MG, NEFIT - Núcleo de Estudos em Fitopatologia. pp. 313-334.
- LUZ, E. D. M. N.; SILVA, S. D. V. M.; GRAMACHO, K. P. 2000. Seleção de clones de cacaueiro para resistência a *Ceratocystis fimbriata*. Fitopatologia Brasileira 25 (Supl). 389 p.
- MAGALHÃES, D. M. A., et al. 2012. Seleção de Clones Resistentes à *Ceratocystis Cacaofunesta* - Propagação Vegetativa In Congresso Brasileiro do Cacao, 3º. Minibanners. Ilhéus, BA, CEPLAC/CEPEC. Boletim Técnico (Edição Especial). pp. 70.
- OLIVEIRA, B. F., et al. 2009. Identificação de fontes de resistência a *Ceratocystis cacaofunesta* em mudas de cacaueiro. Agrotrópica (Brasil) 21: 83-88.
- OLIVEIRA, M. L.; LUZ, E. D. M. N. 2005. Identificação e manejo das principais doenças do cacaueiro no Brasil, Ilhéus, BA, CEPLAC/CEPEC. 132 p.
- OLIVEIRA, M. L.; LUZ, E. D. M. N. 2012. Principais doenças do cacaueiro e seu manejo. In Valle, R. R., org. Ciência, tecnologia e manejo do cacaueiro. 2ed. Brasília, DF, MAPA/CEPLAC. pp. 187-275.
- SANCHES, C. L. G. 2007. Murcha-de-ceratocystis (*Ceratocystis cacaofunesta*) no sul da Bahia: metodologia para seleção de genótipos de cacaueiro resistentes e estudos preliminares descritivos do patógeno. Dissertação Mestrado. Ilhéus, BA, UESC. 61p.
- SAS INSTITUTE. 2004. SAS/STAT 9.1 User's Guide. SAS Institute, Cary, NC. 5121p.
- SILVA, P. H. M. da., et al. 2012. Produção de mudas clonais de eucalipto em espuma fenólica: crescimento inicial e mortalidade. Cerne (Brasil) 18(4):639-649.
- SILVA, S. D. V. M.; PAIM, M. C.; CASTRO, W. M. 2004. Cacao Jaca resistente a *Ceratocystis fimbriata* na Região Cacaueira da Bahia, Brasil. Fitopatologia Brasileira 29: 538-540.
- SILVA, S. D. V. M., et al. 2007. Reação de genótipos de cacaueiros a isolados de *Ceratocystis cacaofunesta*. Fitopatologia Brasileira 32:504-506.
- SILVA, S. D. V. M., et al. 2012. Resistência de progênes de cacaueiros à murcha-de-Ceratocystis. Tropical Plant Pathology 37:191-193.
- SILVA, S. D. V. M., et al. 2013. Seleção de clones de cacaueiros resistentes à murcha-de-Ceratocystis em condições de campo. Agrotrópica (Brasil) 25:163-170.
- SODRÉ, G. A. 2007. Substratos e estaquias na produção de mudas de cacaueiros. Tese Doutorado. Jaboticabal, SP, UNESP. 84p.
- SODRÉ, G. A. 2013. Formação de mudas de cacaueiros, onde nasce a boa cacaucultura. Ilhéus, BA. CEPLAC/CEPEC. Boletim Técnico, nº 202. 48p.
- TUMURA, K. G.; DE PIERI, C.; FURTADO, E. L. 2012. Murcha por *Ceratocystis* em eucalipto: avaliação de resistência e análise epidemiológica. Summa Phytopathologica (Brasil) 38(1): 54-60.

ESTOQUE DE CARBONO NOS PRINCIPAIS SOLOS DA MESORREGIÃO SUL BAIANO, BAHIA, BRASIL

Éwerton Ávila Teixeira Souza¹, Quintino Reis de Araujo², Antônio Fontes de Faria Filho², Sandoval Oliveira Santana²

¹Faculdade de Tecnologia e Ciências / Engenharia Ambiental, Praça José Bastos, 55, Centro, 45600-081, Itabuna, Bahia, Brasil. eats.ea@hotmail.com; ²CEPLAC/CEPEC/SENUP, Caixa Postal 07, 45.600-970, Itabuna, Bahia, Brasil

Os impactos ambientais causados na atmosfera ao longo dos anos, com danos no meio ambiente, vêm alertando a sociedade em mitigar ao máximo a emissão de gases impactantes na atmosfera. Com essa preocupação surgiu o Protocolo de Quioto estabelecendo metas de redução de gases de efeito estufa no ar. O dióxido de carbono em grandes concentrações provoca sérios problemas para o homem. O solo tem sido um valioso aliado no estoque de carbono, como um compartimento ambiental envolvido com importantes processos na dinâmica do carbono orgânico. Este trabalho objetivou o cálculo do estoque de carbono nos principais solos da Mesorregião Sul Baiano, correlacionando com usos da terra. A análise tomou por base a relação entre dados levantados de carbono orgânico, densidade do solo, nos respectivos horizontes pedológicos e a estimativa de carbono sequestrado nas áreas totais dos solos estudados. Os três maiores valores, por unidade de área, foram encontrados nos solos (com respectivos usos da terra): Gleissolo Háplico Ta Eutrófico (manguezal), Espodossolo Ferrihumilúvico (consórcio piaçava, côco-da-bahia e abacaxi), Latossolo Amarelo Distrófico (cacau). Para o cenário com a área total dos solos na região, destacou-se o Latossolo Vermelho - Amarelo Distroférico (sob mata e, também, com pasto e capoeira). Com base no uso da terra, os maiores e menores valores foram registrados: com mata no Latossolo Amarelo distrófico (no município de Gandu) e no Latossolo Amarelo distrófico (em Mutuípe); sob cacau no Latossolo Amarelo distrófico (em Itabuna) e no Argissolo Vermelho - Amarelo distrófico (em Jiquiriçá); com pasto no Argissolo Vermelho - Amarelo eutrófico (em Apuarema) e o Neossolos Flúvicos Psamíticos (em Santa Cruz Cabralia).

Palavras-chave: impactos ambientais, aquecimento global, horizontes pedológico, estoque de carbono, usos da terra.

Carbon sequestration by the main soils in Middle South, Bahia, Brazil. The environmental impacts caused in the atmosphere over the years, with damage to the environment, have been warning the company to mitigate the most striking gas emissions in the atmosphere. With this concern came the Kyoto Protocol setting targets for reducing greenhouse gases in the air. The carbon dioxide in high concentrations causes serious health problems to the man. The soil has been a valuable ally in carbon stock as an environmental compartment involved in important processes in organic carbon dynamics. This study aimed to calculate the carbon stock in the main soils of Middle South Bahia, correlating with land uses. The analysis was based on the relationship between data collected organic carbon, bulk density, soil horizons and in their estimation of carbon storage in the total areas of these soils. The three highest values per area were found in soils (with the respective land uses): Gleissolo Háplico Ta Eutrófico - Gleysol (mangrove), Espodossolo Ferrihumilúvico - Spodosol (consortium palm fiber, coconut and pineapple), Latossolo Amarelo Distrófico - Latosol (cocoa). For the scenario of the total area of the soils in the region, highlighted the Latossolo Vermelho - Amarelo Distroférico - Latosol (forest and also with pasture and bush vegetation). Related to the land use, the highest and lowest values were, respectively, registered to the forest in Latossolo Amarelo distrófico - Latosol (in the municipality of Gandu) and Latossolo Amarelo distrófico - Latosol (in Mutuípe); with cocoa Latossolo Amarelo distrófico (Itabuna) - Latosol and in Argissolo Vermelho - Amarelo eutrófico - Argisol (in Jiquiriçá); with pasture in Argissolo Vermelho - Amarelo eutrófico - Argisol (in Apuarema) and Neossolos Flúvicos Psamíticos - Fluvisol (Santa Cruz Cabralia).

Key words: environmental impacts, global warming, pedological horizons, carbon storage, land uses.

Introdução

A ocorrência de mudanças climáticas em todo mundo, tem trazido ao longo dos anos a preocupação por parte das autoridades, meios de comunicação e população em geral, quanto a diminuição dos impactos ambientais, que têm se relacionado com a ocorrência de furacões, tufões, seca em lugares que costumavam chover, enchentes nas cidades, problemas que representam uma resposta da natureza às ações antrópicas.

O nível de CO² na atmosfera ficava em torno de 280 ppm (partes por milhão) no período pré-industrial, passando para 375 ppm nos dias atuais e a preocupação por parte da população e de ambientalistas, não se refere apenas pela diferença desses valores, mais pelo crescimento rápido que se estima nas próximas décadas. Com a revolução industrial, acumularam-se vários gases de efeito estufa (GEE's) proveniente de carvão mineral, petróleo e gás natural, e isso tudo sabendo que o dióxido de carbono, uma vez emitido se mantém na atmosfera por cerca de 10 décadas (Merlin, 2008). Estima-se que os mares terão um aumento em seu nível de aproximadamente meio metro até o ano de 2100, sem computar os 10 - 25 cm ocorridos nos últimos 100 anos, com efeito relacionado à expansão térmica da água do mar e à fusão de geleiras.

Boa parte dos cientistas acredita que o aquecimento global afetará de forma muito negativa a saúde da população, uma vez que ocorrerão ondas de calor mais intensas durante o verão afetando pessoas sensíveis como crianças e idosos, e os que apresentam enfermidades, respiratórias, crônicas, doenças cardíacas e hipertensão. Outro possível efeito seria o surgimento de insetos portadores de doenças, como a malária, em regiões onde a população não tenha criado anticorpos, podendo intensificar-se nos locais onde a transmissão dessas enfermidades já seja preponderante (Baird, 2002).

O solo é um sistema natural formado por sólido, líquido e gases, sendo originado de transformações de rochas e matéria orgânica, com influência do clima, do relevo e de organismos, durante o seu tempo de formação. Dentro do ecossistema, o solo possui um papel fundamental na dinâmica dos nutrientes e água por mecanismos físicos, químicos e biológicos complexos (Azevedo e Dalmolin, 2004).

O solo tem importante ação no seqüestro de carbono como um dos componentes ambientais para seu

estoque, no momento em que ocorre a decomposição de restos de folhas, alimentos e animais (Azevedo et al., 2004), e por meio de diversos fenômenos que envolvem as formas de carbono no sistema.

O estoque de carbono no solo representa uma dinamicidade entre o que foi adicionado de material morto e as perdas por mineralização ou decomposição. Tem-se adotado na agricultura da cana-de-açúcar, por exemplo, o sistema mecanizado de colheita, tendo-se comprovado a diminuição na emissão de gases pela queima, além de promover o acúmulo de matéria orgânica no solo provocando o retorno dos resíduos vegetais à superfície (Chaves et al., 2008). Nos últimos anos, o seqüestro de carbono pelos solos tem sido avaliado em diversas condições (EMBRAPA, 1997; Andreae e Merlet, 2001; Luca, 2003; Cerri et al., 2004; Canellas et al., 2007).

Esta pesquisa objetivou a determinação do estoque estimado de carbono nos principais solos da Mesoregião sul baiano, Brasil, sob diferentes usos da terra.

Material e Métodos

A Mesoregião Geográfica Sul Baiano está limitada pelas latitudes 13° 00' e 18° 15' S, a costa atlântica e o meridiano de 40° 30' WG (Figura 1), constituindo,

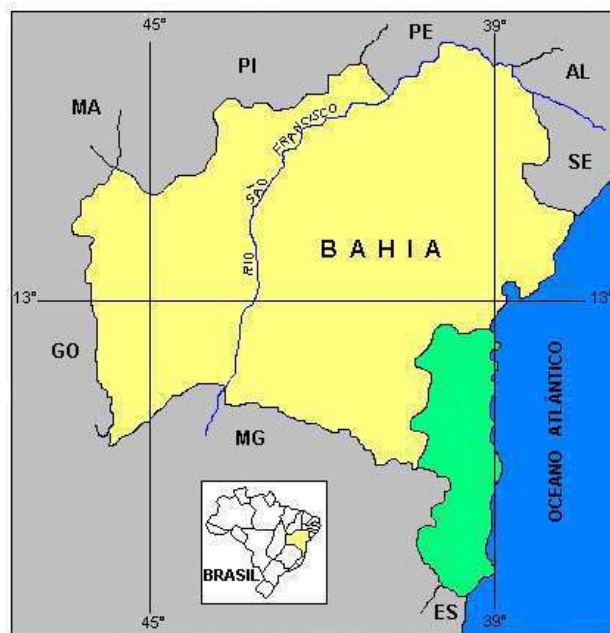


Figura 1 - Localização da Mesoregião Sul Baiano, Bahia, Brasil.

portanto uma região tropical do Nordeste Brasileiro. Abrange 70 municípios, numa superfície de 54.642 km², e uma população envolvida de aproximadamente de 1.970.451 habitantes (IBGE, 2000), envolvendo a Bacia do Recôncavo Sul, Bacia do Rio das Contas, Bacia do Leste e Bacia do Extremo Sul. O mapa da Figura 2 mostra os solos tomados como base, e permitiu a definição das áreas totais ocupadas por estes na região (Tabela 1).

Uma série de levantamentos de solos, realizados pela Ceplac, nas últimas décadas permitiu a elaboração de um banco de dados com informações adotadas neste trabalho, a exemplo da Tabela 2 que relaciona os solos, com respectivos usos da terra / cultivos principais e municípios.

Os trabalhos supracitados forneceram os dados para o desenvolvimento dos cálculos adotados, que

verificaram a relação entre carbono orgânico, densidade do solo, espessura dos horizontes e profundidade do perfil nos solos selecionados, sob os variados usos da terra.

Para o cálculo da estimativa do carbono estocado adotou-se metodologia de Amado et al. (2001). Este modelo foi aplicado para cada horizonte dos solos, obtendo-se o total para os respectivos perfis.

$$\text{Cest} = \text{Corg} \times \text{Ds} \times \text{Horiz}$$

Onde:

Cest = carbono sequestrado (Mg ha⁻¹)

Corg = carbono orgânico por horizonte (g kg⁻¹)

Ds = densidade de cada horizonte (kg dm⁻³)

Horiz = espessura dos horizontes do solo (cm)

A partir do C estocado por hectare (Tabela 3), e com base em mapeamento recente dos solos na região,

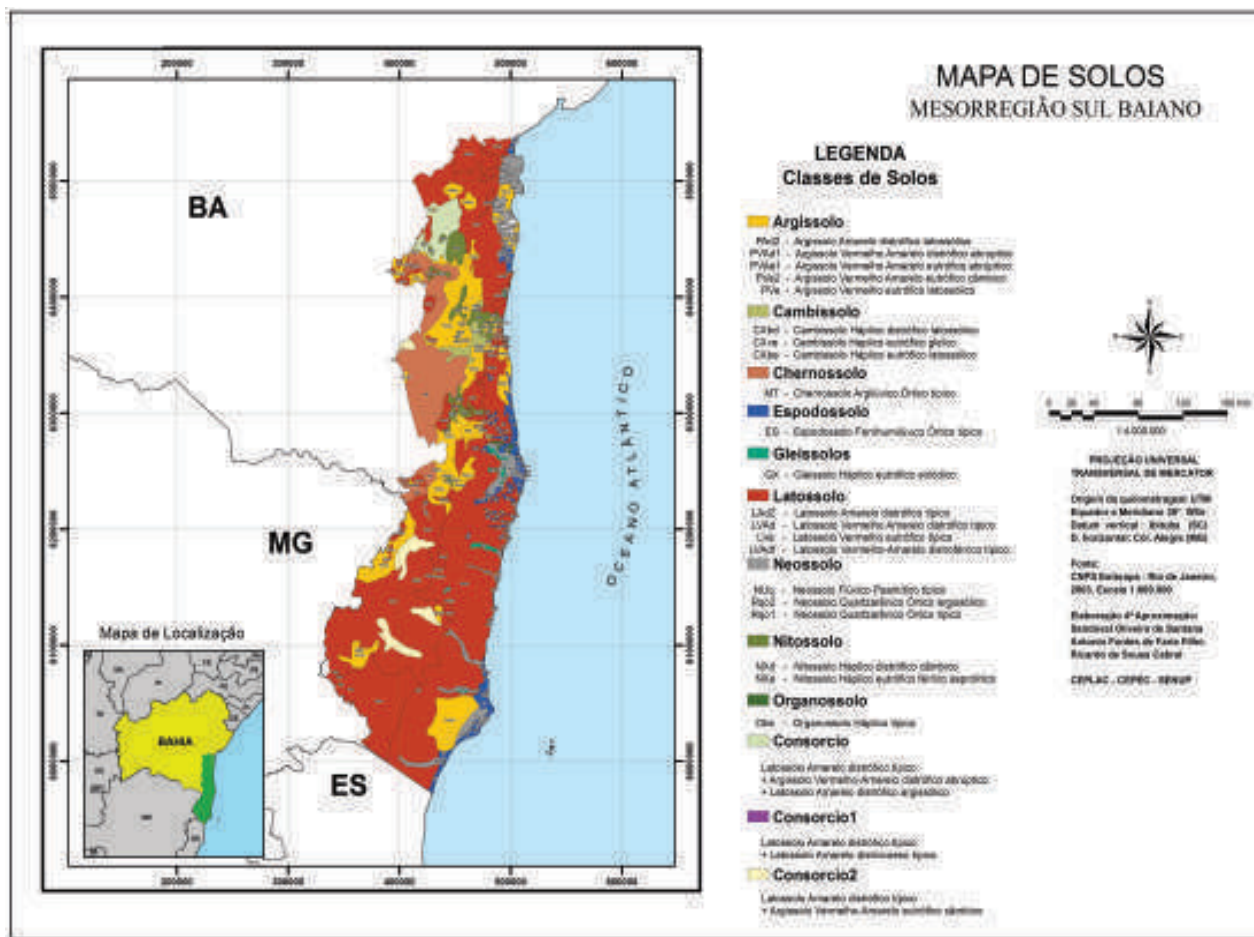


Figura 2 - Mapas de Solos da Mesorregião Sul Baiano.

Tabela 1 - Área total por tipo de solo na Mesorregião Sul Baiano

Solo	Área (ha)	% da Região
Argissolo - PAd2	3,3 X 10 ⁴	0,61
Argissolo - PVAd1	7 X 10 ⁵	12,11
Argissolo - PVAe1	1,5 X 10 ⁵	2,69
Argissolo - PVe2	3,1 X 10 ³	0,06
Argissolo - PVe	1,7 X 10 ⁴	0,32
Cambissolo - CXbd	5,7 X 10 ³	0,11
Cambissolo - CXbe	4,8 X 10 ⁴	0,88
Chernossolo - MT	4,9 X 10 ⁵	8,97
Associação 1 – Ass1	1,1 X 10 ⁵	2,10
Associação 2 – Ass2	1,2 X 10 ⁵	2,25
Espodossolo - ES	1,7 X 10 ⁵	3,23
Gleissolos - GX	3,1 X 10 ⁴	0,58
Latossolo - LAd2	2,7 X 10 ⁴	0,50
Latossolo - LVAd	1,6 X 10 ⁶	30,07
Latossolo - LVe	1,5 X 10 ⁶	28,23
Latossolo - LVAdf	7 X 10 ²	0,01
Neossolo - NUq	1,8 X 10 ⁵	3,23
Neossolo - Rqo2	1,4 X 10 ⁴	0,27
Neossolo - Rqo1	4,4 X 10 ⁴	0,81
Nitossolo - NXd	6,3 X 10 ⁴	1,16
Nitossolo - NXe	8, 8 X 10 ⁴	1,64
Organossolo - OX	9,4 X 10 ³	0,17
Total	5,4 X 10⁶	100

calculou-se o total de C estocado para cada solo, nas suas áreas de ocorrência (Tabela 1), considerando-se que os mesmos estivessem com os usos da terra identificados.

Resultados e Discussão

A Mesorregião Sul baiano tem em seu desenvolvimento a predominância da cultura do cacau e da pecuária, associadas a outras atividades agrícolas, consideradas secundárias na região como a exploração da banana, côco-da-baía, madeira, dendê, piaçava, mandioca e borracha natural. Tem se verificado uma diversificação crescente nas atividades agropecuárias.

A Tabela 4 apresenta os dados de C estocado nos solos estudados, para os principais usos da terra em municípios da região cacauzeira da Bahia. Além dos valores por hectare (Cest) faz-se a estimativa (cenário) para a área dos solos (Área Total).

O Cambissolo Háplico Distrófico Típico (CXdt) cultivado com consórcio ou cacau, não apresentou diferenças nos cálculos de estoque de carbono (1,3 x 10³ Mg ha⁻¹ em ambos os usos), equilíbrio decorrente dos dados, respectivamente, contrários de profundidade

Tabela 2 - Solos e usos de terra / cultivos identificados por município na Mesorregião sul baiano

Sigla - Solo	Uso da Terra	Município
CXdt- Cambissolo Háplico Distrófico Típico	Capim Braquiaria, Mandioca, Banana e Cacau	Gandu
Cxdt- Cambissolo Háplico Distrófico Típico	Cacau (3 anos, bom aspecto vegetativo)	Gandu
Cxd – Cambissolo Háplico Tb Distrófico	Cacau sombreado com eritrina	Itajuípe
Cxd – Cambissolo Háplico Tb Distrófico	Cacau	Uruçuca
Cxd – Cambissolo Háplico Tb Distrófico	Cacau	Ilhéus
Cxe – Cambissolo Háplico Ta Eutrófico	Cacau Cabruca	Ilhéus
Cxe – Cambissolo Háplico Ta Eutrófico	Cacau E Pasto	Ilhéus
Cxe – Cambissolo Háplico Ta Eutrófico	Cacau E Pasto	Ilhéus
Esk - Espodossolo Ferrihumilúvico	Extração de Piaçava	Uma
Esk - Espodossolo Ferrihumilúvico	Piaçava, Côco-da-bahia e Abacaxi	Canavieiras
Gxe – Gleissolo Háplico Ta Eutrófico	Pasto (Bom Aspecto)	Ilhéus
Gxe – Gleissolo Háplico Ta Eutrófico	Pasto	Uruçuca
Gxe – Gleissolo Háplico Ta Eutrófico	Cacau	Ilhéus
Gxe – Gleissolo Háplico Ta Eutrófico	Pasto, Cacau E Capoeira	Itabuna
Gxe – Gleissolo Háplico Ta Eutrófico	Manguezal	Valença
Lad - Latossolo – Amarelo Distrófico	Matas	Mutuípe
Lad - Latossolo – Amarelo Distrófico	Cacau E Seringueira	Ilhéus
Lad - Latossolo – Amarelo Distrófico	Cacau	Apuarema
Lad - Latossolo – Amarelo Distrófico	Pasto Sujo	Apuarema
Lad - Latossolo – Amarelo Distrófico	Mata	Apuarema
Lad - Latossolo – Amarelo Distrófico	Pasto Sujo	Uruçuca

Continuação da Tabela 2

Lad - Latossolo – Amarelo Distrófico	Cacau, Seringueira e Pasto	Ilhéus
Lad - Latossolo – Amarelo Distrófico	Cacau Cabruca	Itajuípe
Lad - Latossolo – Amarelo Distrófico	Capoeira	Uruçuca
Lad - Latossolo – Amarelo Distrófico	Matas	Apuarema
Lad - Latossolo – Amarelo Distrófico	Mata	Gandu
Lad - Latossolo – Amarelo Distrófico	Cacau	Itabuna
Lvadf – Latossolo Vermelho–Amarelo Distroférico	Pasto	Itajuípe
Lvadf – Latossolo Vermelho–Amarelo Distroférico	Cacau	Itabuna
Lvadf – Latossolo Vermelho–Amarelo Distroférico	Pasto Sujo e Capoeira	Uruçuca
Lvadf – Latossolo Vermelho–Amarelo Distroférico	Matas	Uruçuca
Lvadf – Latossolo Vermelho–Amarelo Distroférico	Mata	Apuarema
Mto - Chernossolo Argilúvico Órtico Típico	Pasto (Sempre-verde bom)	Ibicaí
Mto - Chernossolo Argilúvico Órtico Típico	Pasto (Capim sempre-verde bom)	Itapé
Mto - Chernossolo Argilúvico Órtico Típico	Pasto (Bom Aspecto)	Ilhéus
Nxd – Nitossolo Háplico Distrófico	Cacau	Uruçuca
Nxd – Nitossolo Háplico Distrófico	Cacau, Banana, Côco-da-baia e Pasto	Itabuna
Nxef – Nitossolo Háplico Eutroférico	Cacau (excelente aspecto vegetativo)	Itabuna
Nxef – Nitossolo Háplico Eutroférico	Cacau	Ilhéus
Nxef – Nitossolo Háplico Eutroférico	Cacau	Apuarema
Pad – Argissolo Amarelo Distrófico	Coco-da-baia e Piaçava	Ilhéus
Pad – Argissolo Amarelo Distrófico	Extração de Madeiras	Belmonte
Pad – Argissolo Amarelo Distrófico	Mandioca, Piaçava e Cereais	Ilhéus
Pad – Argissolo Amarelo Distrófico	Pasto, Mandioca e Piaçava extrativa	Ilhéus
Pvad – Argissolo Vermelho-amarelo Distrófico	Cacau	Jiquiriça
Pvad – Argissolo Vermelho-amarelo Distrófico	Cacau	Mutuípe
Pvad – Argissolo Vermelho-amarelo Distrófico	Banana, Citrus, Coco, Dendê, Pasto e Cacau	Ilhéus
Pvae – Argissolo Vermelho–Amarelo Eutrófico	Cacau, Capoeira E Pasto	Itabuna
Pvae – Argissolo Vermelho–Amarelo Eutrófico	Cacau (Bom Aspecto Vegetativo)	Itajuípe
Pvae – Argissolo Vermelho–Amarelo Eutrófico	Mata (Árvores de grande porte)	Itabuna
Pvae – Argissolo Vermelho–Amarelo Eutrófico	Pasto	Apuarema
Rqo – Neossolo Quartzarênico Órtico	Piaçava, Mandioca e Abacaxi	Valença
Ryq – Neossolos Flúvicos Psamíticos	Pasto Abandonado	Sta Cruz Cabralia
Ryq – Neossolos Flúvicos Psamíticos	Pasto	Sta Cruz Cabralia
Ryq – Neossolos Flúvicos Psamíticos	Pasto Abandonado	Sta Cruz Cabralia
Ryq – Neossolos Flúvicos Psamíticos	Cacau (aspecto vegetativo regular)	Sta Cruz Cabralia

Fonte: MELO, 1973; LEÃO e SILVA, 1976; MELO et al., 1981; MELO, 1981 ; MELO, 1983 ; SANTANA et al., 1984 ; MELO, 1985 ; LEÃO et al., 1985 ; SANTANA et al., 1986 ; LEÃO, 1986; CARVALHO FILHO et al., 1987; SANTANA, 1993 ; SANTANA, 1994; SANTANA, S. O. et al., 2001 ; FARIA FILHO e ARAÚJO, 2003.

Tabela 3 - Exemplo da estimativa calculada de carbono nos horizontes de um perfil

Solo	Cultivo Principal	Horizontes	Espessura (cm)	Corg (g kg ⁻¹)	Ds (kg dm ⁻³)	Cest (Mg ha ⁻¹)
Chernossolo Argilúvico Órtico Típico (MTo)	Pasto	A ₁₁	8	16,7	1,35	134,95
		A ₁₂	9	12,2	1,35	148,23
		A ₃	12	9,5	1,35	153,90
		B ₁	11	5,3	1,40	81,62
		B ₂	22	3,6	1,40	110,88
		C	23	3,6	1,40	115,92
						Total: 745,50

Tabela 4 - Quantidade de carbono estocado nos solos da Mesorregião sul baiano, Brasil

Solo	Uso da Terra	Município	Cest (Mg ha ⁻¹)	Área Total	C. Área Total (Mg ha ⁻¹)
CXdt	Capim Braquiaria, Mandioca, Banana e Cacau	Gandu	1,3 x 10 ³	5,7 x 10 ³	7,4 x 10 ⁶
CXdt	Cacau (3 anos, Bom Aspecto Vegetativo)	Gandu	1,3 x 10 ³	5,7 x 10 ³	7,4 x 10 ⁶
Cxd	Cacau Sombreado com Eritrina	Itajuípe	8,0 x 10 ²	5,7 x 10 ³	4,3 x 10 ⁶
Cxd	Cacau	Uruçuca	1,0 x 10 ³	5,7 x 10 ³	5,9 x 10 ⁶
Cxd	Cacau	Ilhéus	1,1 x 10 ³	5,7 x 10 ³	6,1 x 10 ⁶
CXe	Cacau Cabruca	Ilhéus	4,7 x 10 ²	4,8 x 10 ⁴	2,3 x 10 ⁷
CXe	Cacau e Pasto	Ilhéus	9,3 x 10 ²	4,8 x 10 ⁴	4,5 x 10 ⁷
CXe	Cacau e Pasto	Ilhéus	1,1 x 10 ³	4,8 x 10 ⁴	5,7 x 10 ⁷
ESK	Extração de Piaçava	Una	7,5 x 10 ³	1,7 x 10 ⁵	1,3 x 10 ⁹
ESK	Piaçava, Côco-da-baía e Abacaxi	Canavieiras	3,8 x 10 ³	1,7 x 10 ⁵	6,6 x 10 ⁸
GXe	Pasto (Bom Aspecto)	Ilhéus	6,9 x 10 ²	3,1 x 10 ⁴	2,2 x 10 ⁷
GXe	Pasto	Uruçuca	8,0 x 10 ²	3,1 x 10 ⁴	2,4 x 10 ⁷
GXe	Cacau	Ilhéus	1,1 x 10 ³	3,1 x 10 ⁴	3,3 x 10 ⁷
GXe	Pasto, Cacau e Capoeira	Itabuna	1,3 x 10 ³	3,1 x 10 ⁴	4,0 x 10 ⁷
GXe	Manguezal	Valença	9,0 x 10 ³	3,1 x 10 ⁴	2,8 x 10 ⁸
LAd	Matas	Mutuípe	1,1 x 10 ³	2,7 x 10 ⁴	3 x 10 ⁷
LAd	Cacau e Seringueira	Ilhéus	1,1 x 10 ³	2,7 x 10 ⁴	3,0 x 10 ⁷
LAd	Cacau	Apuarema	1,2 x 10 ³	2,7 x 10 ⁴	3,3 x 10 ⁷
LAd	Pasto Sujo	Apuarema	1,3 x 10 ³	2,7 x 10 ⁴	3,6 x 10 ⁷
LAd	Mata	Apuarema	1,4 x 10 ³	2,7 x 10 ⁴	3,9 x 10 ⁷
LAd	Pasto Sujo	Uruçuca	1,5 x 10 ³	2,7 x 10 ⁴	4,0 x 10 ⁷
LAd	Cacau, Seringueira e Pasto	Ilhéus	1,6 x 10 ³	2,7 x 10 ⁴	4,0 x 10 ⁷
LAd	Cacau Cabruca	Itajuípe	1,6 x 10 ³	2,7 x 10 ⁴	4,5 x 10 ⁷
LAd	Capoeira	Uruçuca	1,7 x 10 ³	2,7 x 10 ⁴	5,0 x 10 ⁷
LAd	Matas	Apuarema	1,7 x 10 ³	2,7 x 10 ⁴	5,0 x 10 ⁷
LAd	Mata	Gandu	2,0 x 10 ³	2,7 x 10 ⁴	5,0 x 10 ⁷
LAd	Cacau	Itabuna	2,1 x 10 ³	2,7 x 10 ⁴	6,0 x 10 ⁷
LVAdf	Pasto	Itajuípe	1,2 x 10 ³	1,5 x 10 ⁶	1,8 x 10 ⁹
LVAdf	Cacau	Itabuna	1,3 x 10 ³	1,5 x 10 ⁶	2,0 x 10 ⁹
LVAdf	Pasto Sujo e Capoeira	Uruçuca	1,6 x 10 ³	1,5 x 10 ⁶	2,5 x 10 ⁹
LVAdf	Matas	Uruçuca	1,7 x 10 ³	1,5 x 10 ⁶	2,6 x 10 ⁹
LVAdf	Mata	Apuarema	1,7 x 10 ³	1,5 x 10 ⁶	2,7 x 10 ⁹
MTo	Pasto (Sempre-Verde Bom)	Ibicaraí	5,4 x 10 ²	4,9 x 10 ⁵	2,7 x 10 ⁸
MTo	Pasto (Capim Sempre-Verde Bom)	Itapé	7,4 x 10 ²	4,9 x 10 ⁵	4,0 x 10 ⁸
MTo	Pasto (Bom Aspecto)	Ilhéus	8,0 x 10 ²	4,9 x 10 ⁵	4,0 x 10 ⁸
NXd	Cacau	Uruçuca	1,2 x 10 ³	6,3 x 10 ⁴	7,0 x 10 ⁷
NXd	Cacau, Banana, Côco-da-baía e Pasto	Itabuna	1,6 x 10 ³	6,3 x 10 ⁴	9,8 x 10 ⁷
NXef	Cacau (Excelente Aspecto Vegetativo)	Itabuna	7,6 x 10 ²	8,9 x 10 ⁴	6,7 x 10 ⁷
NXef	Cacau	Ilhéus	1,0 x 10 ³	8,9 x 10 ⁴	9,3 x 10 ⁷
NXef	Cacau	Apuarema	1,3 x 10 ³	8,9 x 10 ⁴	1,2 x 10 ⁸
PAd	Coco-da-baía e Piaçava	Ilhéus	8,2 x 10 ²	3,3 x 10 ⁴	2,7 x 10 ⁷
PAd	Extração de Madeiras	Belmonte	1,0 x 10 ³	3,3 x 10 ⁴	3,5 x 10 ⁷
PAd	Mandioca, Piaçava e Cereais	Ilhéus	1,2 x 10 ³	3,3 x 10 ⁴	3,9 x 10 ⁷
PAd	Pasto, Mandioca E Piaçava Extrativa	Ilhéus	1,3 x 10 ³	3,3 x 10 ⁴	4,3 x 10 ⁷
PAe	Cacau Sombreado com Eritrina	Itajuípe	1,3 x 10 ³	-	-
PVAd	Cacau	Jiquiriça	4,3 x 10 ²	6,6 x 10 ⁵	2,8 x 10 ⁸
PVAd	Cacau	Mutuípe	5,0 x 10 ²	6,6 x 10 ⁵	3,2 x 10 ⁸
PVAd	Banana, Citrus, Coco, Dendê, Pasto e Cacau	Ilhéus	7,0 x 10 ²	6,6 x 10 ⁵	4,6 x 10 ⁸
PVAe	Cacau, Capoeira E Pasto	Itabuna	7,2 x 10 ²	1,5 x 10 ⁵	1,0 x 10 ⁸
PVAe	Cacau (Bom Aspecto Vegetativo)	Itajuípe	9,8 x 10 ²	1,5 x 10 ⁵	1,4 x 10 ⁸
PVAe	Mata (Árvores de Grande Porte)	Itabuna	1,5 x 10 ³	1,5 x 10 ⁵	2,2 x 10 ⁸
PVAe	Pasto	Apuarema	2,0 x 10 ³	1,5 x 10 ⁵	3,0 x 10 ⁸
RQo	Piaçava, Mandioca e Abacaxi	Valença	1,6 x 10 ³	1,4 x 10 ⁴	2,3 x 10 ⁷
RYq	Pasto Abandonado	Santa Cruz Cabralia	4,2 x 10 ²	1,7 x 10 ⁵	7,3 x 10 ⁷
RYq	Pasto	Santa Cruz Cabralia	5,0 x 10 ²	1,7 x 10 ⁵	8,8 x 10 ⁷
RYq	Pasto Abandonado	Santa Cruz Cabralia	5,9 x 10 ²	1,7 x 10 ⁵	1,0 x 10 ⁸
RYq	Cacau (Aspecto Vegetativo Regular)	Santa Cruz Cabralia	6,3 x 10 ²	1,7 x 10 ⁵	1,1 x 10 ⁸

CXdt- Cambissolo Háplico Distrófico Típico; Cxd – Cambissolo Háplico Tb Distrófico; CXe – Cambissolo Háplico Ta Eutrófico; ESK - Espodosolo Ferrihumilúvico; GXe – Gleissolo Háplico Ta Eutrófico; LAd - Latossolo – Amarelo Distrófico; LVAdf – Latossolo Vermelho – Amarelo Distrófico; MTo - Chernossolo Argilúvico Órtico Típico; NXd – Nitossolo Háplico Distrófico; NXef – Nitossolo Háplico Eutrófico; PAd – Argissolo Amarelo Distrófico; PAe - Argissolo Amarelo Eutrófico; PVAd - Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico; PVAe – Argissolo Vermelho – Amarelo Eutrófico; RQo – Neossolo Quartzarênico Órtico; RYq – Neossolos Flúvicos Psamíticos.

do perfil (129 e 230 cm), e dos valores de carbono orgânico, como registrado nos horizontes superficiais ($A_1 = 19,3$; $A_3 = 11,2$ e $B_1 = 11,7$ g kg⁻¹ e $A_1 = 7,7$; $A_3 = 5,6$ e $B_1 = 5,6$ g kg⁻¹). A densidade apresentou resultados equivalentes (entre 1,0 e 1,4 Kg dm⁻³). Este solo possui geralmente, nessa região, perfis com profundidades em torno de 100 cm, contendo elevados teores de argila (textura muito argilosa). Encontra-se acima ou em torno de 10 g kg⁻¹ de carbono orgânico até uma profundidade de 75 cm.

O Cambissolo Háplico Distrófico (CXd) apresentou valores diferenciados em Itajuípe (8×10^2 Mg ha⁻¹), Uruçuca (1×10^3 Mg ha⁻¹) e Ilhéus ($1,1 \times 10^3$ Mg ha⁻¹), os três com lavoura de cacau. O município de Ilhéus mostrou perfil mais profundo (210 cm) se comparado a Itajuípe e Uruçuca, além da elevada densidade variando de 1,36 para 0,9 em Uruçuca. O município de Itajuípe apresentou perfil com menor profundidade (100 cm) e densidade média de 1,0 kg dm⁻³.

Já o Cambissolo Háplico Ta Eutrófico (CXe) com três caracterizações no município de Ilhéus, apresentou como resultados: em cacau cabruca ($4,7 \times 10^2$ Mg ha⁻¹), e em duas condições sob consórcio cacau e pasto ($9,3 \times 10^2$ e $1,1 \times 10^3$ Mg ha⁻¹). Nas análises de estoque de carbono nos municípios, o terceiro menor valor encontrado foi a do (CXe) sob cacau cabruca ($4,7 \times 10^2$ Mg ha⁻¹) proveniente de baixos valores de carbono orgânico nos horizontes subsuperficiais ($A_1 = 19,8$; $A_2 = 15,3$; $AB = 13,7$, $BA = 1,12$; $B_{11} = 0,81$; $B_{12} = 0,62$ g kg⁻¹) se comparado ao mesmo solo sob uso de cacau e pasto encontrados também no município de Ilhéus (CXe 18,5; 10,1; 7,0; 3,6; 3; 2,7 g kg⁻¹) (CXe 15,2; 10,3; 8,1; 5,2; 3,1; 2,6; 2,6 g kg⁻¹).

Na cidade de Una e Canavieiras, o Espodossolo Ferrihumilúvico (ESK) teve valores superiores a 1000 Mg ha⁻¹ ($7,5 \times 10^3$ e $3,8 \times 10^3$ Mg ha⁻¹) que, apesar da diferença notada, está, nas duas condições, predominantemente sob cultivos de palmáceas. Essa diferença ocorreu proveniente da elevada concentração de carbono orgânico nos horizontes superficiais ($A_1 = 19,5$ e $A_2 = 15,8$ g kg⁻¹) no ESK do município de Una em relação aos encontrados em Canavieiras ($A_1 = 34,5$ e $A_{21} = 2,3$ g kg⁻¹).

O maior valor de estoque de carbono, dentre os 16 tipos de solo avaliados sob variados usos, foi encontrado no município de Valença, nas condições de manguezal, no Gleissolo Háplico Ta Eutrófico (GXe) que apresentou

os seguintes resultados, nos municípios indicados: Valença ($9,0 \times 10^3$ Mg ha⁻¹), Itabuna ($1,3 \times 10^3$ Mg ha⁻¹), Uruçuca ($8,0 \times 10^2$ Mg ha⁻¹) e Ilhéus ($6,9 \times 10^2$ Mg ha⁻¹). As evidências para a superioridade no manguezal estão nas altas concentrações de carbono orgânico, inclusive nos horizontes mais profundos (67,9; 55,8; 62,9; 47,9; 44,3 e 39,7 g kg⁻¹), bem acima dos outros solos analisados. Observou-se que os valores inferiores a 1000 Mg ha⁻¹, neste Gleissolo, tinham vegetação de pasto (em Uruçuca e Ilhéus). Sob diversos usos o Latossolo Amarelo Distrófico (LAd), analisado em sete municípios, demonstrou números superiores a 1000 Mg ha⁻¹, sendo os maiores sob uso de cacau no município de Itabuna, com $2,1 \times 10^3$ Mg ha⁻¹; e sob mata, com $2,0 \times 10^3$ Mg ha⁻¹, no município de Gandu, e com $1,7 \times 10^3$ Mg ha⁻¹ nos municípios Uruçuca e Apuarema.

O Latossolo Vermelho - Amarelo Distroférrico (LVAdf), em sete localidades e sob diferentes usos, teve estoques maiores que 1000 Mg ha⁻¹ e, mais uma vez, os dois maiores valores foram em áreas de mata, com $1,7 \times 10^3$ Mg ha⁻¹ (em Apuarema) e $1,7 \times 10^3$ Mg ha⁻¹ (em Uruçuca).

Resultados inferiores a 800 Mg ha⁻¹, foram encontrados em Chernossolo Argilúvico Órtico (MTO) com pasto, em mínima de $5,4 \times 10^2$ Mg ha⁻¹ em Ibicarai e máxima de $8,0 \times 10^2$ Mg ha⁻¹ no município de Ilhéus. Dentre os quatro menores valores de carbono orgânico estocado, dois foram encontrados no Argissolo Vermelho - Amarelo Distrófico (PVAd) expressos em $4,3 \times 10^2$ Mg ha⁻¹ em Jiquiriçá e $5,0 \times 10^2$ Mg ha⁻¹ em Mutuípe, ambos sob cacau.

Em quatro análises, o Argissolo Vermelho - Amarelo Eutrófico (PVAe), sob cacau, apresentou um resultado menos expressivo ($7,2 \times 10^2$ Mg ha⁻¹) se comparado com $2,0 \times 10^3$ Mg ha⁻¹, em área de pasto. O Neossolos Flúvicos Psamíticos (RYq), em quatro análises no município de Santa Cruz Cabralia, apresentou baixos valores de carbono estocado, registrando menor índice dentre todos os solos estudados, com $4,2 \times 10^2$ Mg ha⁻¹.

Portanto, como dados resumidos, quanto ao estoque de carbono no solo por unidade de área, verificaram-se:

(a) Os maiores valores em: Gleissolo Háplico Ta Eutrófico - GXe (com manguezal, em Valença) com $9,0 \times 10^3$ Mg ha⁻¹; Espodossolo Ferrihumilúvico - ESK (sob consórcio, em Canavieiras), com $3,8 \times 10^3$ Mg ha⁻¹; Latossolo Amarelo Distrófico - LAd (com cacau, em

Itabuna), com $2,1 \times 10^3 \text{ Mg ha}^{-1}$; Latossolo Amarelo Distrófico – LAd (sob mata, em Gandu), com $2,0 \times 10^3 \text{ Mg ha}^{-1}$; e Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico - PVAe (em pasto, em Apuarema), com $2,0 \times 10^3 \text{ Mg ha}^{-1}$.

(b) Os menores valores em: Neossolos Flúvicos Psamíticos - RYq (com pasto abandonada, em Santa Cruz Cabralia), com $4,2 \times 10^2 \text{ Mg ha}^{-1}$; Cambissolo Háplico Ta Eutrófico – CXe (sob cacau cabruca, em Ilhéus), com $4,7 \times 10^2 \text{ Mg ha}^{-1}$; Neossolos Flúvicos Psamíticos – RYq (com pasto, em Santa Cruz Cabralia), com $5,0 \times 10^2 \text{ Mg ha}^{-1}$; Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico – PVAd (cacau, em Jiquiriçá), com $4,3 \times 10^2 \text{ Mg ha}^{-1}$; e Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico -PVAd (com cacau, em Mutuípe), com $5 \times 10^2 \text{ Mg ha}^{-1}$.

A partir dos resultados que indicam a capacidade que cada tipo de solo tem em estocar carbono, estimou-se o carbono total estocado na área ocupada por solo na região (Tabela 4), considerando-se os cenários com base no(s) cultivo(s) registrado(s). Destacaram-se o Latossolo Vermelho-Amarelo Distroférrico e o Cambissolo Háplico Distrófico Típico.

Os três maiores ocorreram no Latossolo Vermelho-Amarelo Distroférrico (LVAdf), sob uso de mata com $2,7 \times 10^9 \text{ Mg}$ e $2,6 \times 10^9 \text{ Mg}$ (com nos base nos dados de Apuarema e Uruçuca) e sob consórcio, com $2,5 \times 10^9 \text{ Mg}$ (conforme dados de Uruçuca). Isto decorre do fato de que o LVAdf ocupa uma maior extensão de área na região ($1,5 \times 10^6 \text{ ha}$).

O Cambissolo Háplico Distrófico Típico (CXdt) dentre os sete maiores valores expressou dois, tendo como vegetação o uso de cacau e consórcio (capim, braquiaria, mandioca, banana e cacau) com números de $2,1 \times 10^9 \text{ Mg}$ e $2,1 \times 10^9 \text{ Mg}$ (com base nos valores de Gandu). O sexto e sétimo valores ficaram também no LVAdf sob cacau e pasto, com $2,0 \times 10^9 \text{ Mg}$ e $1,8 \times 10^9 \text{ Mg}$, com base nos dados, respectivos, de Itabuna e Itajuípe.

A vegetação exerce papel intrínseco na contribuição de carbono orgânico para o solo por meio da deposição de parte aérea (folhas, galhos, frutos, cascas) e do sistema radicular. Assim, comparam-se os resultados de estoque de carbono por área, entre os solos, sob o mesmo uso da terra.

Os solos sob mata atlântica (Tabela 5), apresentaram resultados expressivos, variando de

Tabela 5 - Estoque de carbono em solos sob cultivo de mata

Solo	Município	Cest (Mg ha^{-1})
LAd	Gandú	2000
LVAdf	Uruçuca	1700
LAd	Apuarema	1700
LVAdf	Apuarema	1700
PVAe	Itabuna	1600
LAd	Apuarema	1400
LAd	Mutuípe	1100

LAd - Latossolo Amarelo Distrófico; LVAdf - Latossolo Vermelho - Amarelo Distroférrico; PVAe - Argissolo Vermelho - Amarelo Eutrófico

1100 Mg ha^{-1} em LAd no município de Mutuípe, a 2000 Mg ha^{-1} em LAd no município de Gandu. Constatou-se que os latossolos tanto amarelos quanto os vermelhos - amarelo tiveram resultados significativos, possivelmente por serem solos mais antigos, profundos e que atingiram avançado estágio de desenvolvimento, com reflexos no estoque de carbono orgânico.

O cacau, pela estrutura florestal do seu sistema agrícola, pode ser comparado ao ambiente da mata por possuir características similares no que concerne a contribuição de matéria orgânica (Tabela 6). Nas áreas com cacau, também, o LAd aparece entre os dois primeiros, com valores de 2100 Mg ha^{-1} e 1600 Mg ha^{-1} , respectivamente, nos municípios de Itabuna e Itajuípe.

Os índices mais baixos foram representados pelo PVAd (430 Mg ha^{-1}) em Jiquiriçá, CXe (474 Mg ha^{-1}) em Ilhéus, e PVAd (500 Mg ha^{-1}) e em Mutuípe. O PVAd em Jiquiriçá o foi menor valor encontrado na presente pesquisa.

Em áreas de pasto (Tabela 7), o PVAe (2000 Mg ha^{-1} , em Apuarema) obteve o melhor índice sendo que nas comparações anteriores apresentou 5º lugar na classificação com uso de mata e 10º lugar sob cacau. O LAd, a exemplo das outras análises, vem tendo bom desempenho em todos os usos e ocupação do solo, ocupando o 2º e 3º lugares com, respectivamente, 1500 Mg ha^{-1} (Uruçuca) e 1300 Mg ha^{-1} (Apuarema).

O Município de Santa Cruz Cabralia apresentou os quatro menores índices com os RYq (590 , 500 e 420 Mg ha^{-1}) e o MTo (540 Mg ha^{-1}), considerando-se a condição do RYq se um solo muito arenoso, contrariamente à textura argilosa que apresenta, em

Tabela 6 - Estoque de carbono em solos sob cultivo de cacau

Solo	Município	Cest (Mg ha ⁻¹)
LAd	Itabuna	2100
LAd	Itajuípe	1600
PAe	Itajuípe	1300
CXdt	Gandu	1300
LVAdf	Itabuna	1300
NXef	Apuarema	1300
LAd	Apuarema	1200
NXd	Uruçuca	1200
GXe	Ilhéus	1100
CXd	Ilhéus	1064
NXef	Ilhéus	1000
CXd	Uruçuca	1000
PVAe	Itajuípe	980
CXd	Itajuípe	800
NXef	Itabuna	760
RYq	Santa Cruz Cabralia	630
PVAd	Mutuípe	500
CXe	Ilhéus	474
PVAd	Jiquiriçá	430

LAd - Latossolo Amarelo Distrófico; PAe - Argissolo Amarelo Eutrófico; CXdt - Cambissolo Háplico Distrófico Típico; LVAdf - Latossolo Vermelho - Amarelo Distroférrico; NXef - Nitossolo Háplico Eutrófico; NXd - Nitossolo Háplico Distrófico; CXd - Cambissolo Háplico Distrófico; PVAe - Argissolo Vermelho - Amarelo Eutrófico; RYq - Neossolos Flúvicos Psamíticos; PVAd - Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico.

Tabela 7 - Estoque de carbono em solos sob cultivo de pastagem

Solo	Município	Cest (Mg ha ⁻¹)
PVAe	Apuarema	2000
LAd	Uruçuca	1500
LAd	Apuarema	1300
LVAdf	Itajuípe	1200
MTo	Ilhéus	800
GXe	Uruçuca	800
MTo	Itapé	740
GXe	Ilhéus	690
RYq	Santa Cruz Cabralia	590
MTo	Santa Cruz Cabralia	540
RYq	Santa Cruz Cabralia	500
RYq	Santa Cruz Cabralia	420

PVAe - Argissolo Vermelho - Amarelo Eutrófico; LAd - Latossolo Amarelo Distrófico; LVAdf - Latossolo Vermelho - Amarelo Distroférrico; GXe - Gleissolo Háplico Eutrófico; MTo - Chernossolo Argilúvico Órtico; RYq - Neossolos Flúvicos Psamíticos.

geral, uma maior capacidade de reter carbono orgânico. Já o MTo é um solo novo rico em nutrientes, mas com horizontes ainda em desenvolvimento, conseqüentemente não tem perfis com grande capacidade de estoque, como ocorre com os latossolos.

Na análise do estoque de carbono orgânico sob consórcio (Tabela 8), evidenciou-se uma variação entre 700 Mg ha⁻¹ (PVAd), em Ilhéus, e 3100 Mg ha⁻¹ (ESk), em Canavieiras. O NXd (Itabuna), o LAd (Ilhéus), O LVAdf (Uruçuca) e o RQo (Valença) apresentaram o mesmo resultado (1600 Mg ha⁻¹). Interessante que o RQo está entre os melhores resultados ocupando o 2º lugar ao lado de três solos que já vinham se destacando em análises anteriores. O RQo possui característica arenosa como o Ryq, o motivo para a discrepante diferença de estoque de carbono está na densidade dos solos onde os RYq analisados no município de Santa Cruz Cabralia variaram de 0,83 a 1,42 kg dm⁻³ e o RQo apresentou 1,56 kg dm⁻³. A espessura dos horizontes pedológicos relacionado com a sua carga orgânica, influenciou para tal situação de discrepância, uma vez que RQo apresentou horizontes extensos nos horizontes subsuperficiais (C1 = 142cm, C2 = 45 cm e C3 = 50 cm).

Tabela 8 - Estoque de carbono em solos sob consórcio

Solo	Município	Cest (Mg ha ⁻¹)
ESk	Canavieiras	3800
NXd	Itabuna	1600
LAd	Ilhéus	1600
LVAdf	Uruçuca	1600
RQo	Valença	1600
CXdt	Gandu	1300
GXe	Itabuna	1300
PAd	Ilhéus	1300
PAd	Ilhéus	1200
LAd	Ilhéus	1100
CXe	Ilhéus	1100
CXe	Ilhéus	930
PAd	Ilhéus	820
PVAe	Itabuna	720
PVAd	Ilhéus	700

ESK - Espodossolo Ferrihumilúvico; NXd - Nitossolo Háplico Distrófico; LVAdf - Latossolo Vermelho - Amarelo Distroférrico; RQo - Neossolo Quartzarênico Órtico; CXdt - Cambissolo Háplico Distrófico Típico; GXe - Gleissolo Háplico Eutrófico; PVAe - Argissolo Vermelho - Amarelo Eutrófico.

Conclusão

O carbono estocado varia com a classe de solo e com o uso da terra em alguns solos, destacando-se Gleissolo Háplico Ta Eutrófico (com manguezal) e Espodossolo Ferrihumilúvico (sob consórcio) como maiores valores, e Cambissolo Háplico Ta Eutrófico (sob cacau cabruca) e Neossolos Flúvicos Psamíticos (com pasto) com os menores estoques registrados.

Literatura Citada

- AMADO, T.J.C. 2001. Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo no plantio direto e a melhoria da qualidade ambiental. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 25; 189-197.
- ANDREAE, M.; MERLET, P. 2001. Emission of trace gases and aerosols from biomass burning. *Global Biogeochemical Cycles* 15(4): 955-966.
- FARIA FILHO, A. F.; ARAÚJO, Q. R. 2003. Zoneamento de Meio Físico do Município de Ilhéus, Bahia, Brasil, Utilizando a Técnica de Geoprocessamento. Ilhéus, BA., CEPLAC/CEPEC. Boletim Técnico Nº 187. 22p.
- AZEVEDO, A. C. et al. 2004. Solos e Ambiente, I Fórum. Santa Maria, Palloti. 167 p.
- AZEVEDO, A. C.; DALMOLIN, R. R. D. 2004. Solos e Ambiente: Uma Introdução. Santa Maria, Palloti. 100p.
- BAIRD, C. 2002. Química Ambiental. 2ed. Porto Alegre, Bookman. 622p.
- CANELLAS, L.P. et al. 2007. Estoque e qualidade da matéria orgânica de um solo cultivado com cana-de-açúcar por longo tempo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 31(2): 331-340.
- CARVALHO FILHO, R. et al. 1987. Solos do Município de Ilhéus. Ilhéus, BA., CEPLAC/CEPEC. Boletim Técnico Nº 147. 84p.
- CERRI, C.C. et al. 2004. A ciência do solo e o seqüestro de carbono. *Sociedade Brasileira de Ciência do Solo: Boletim Informativo* 29 (3): 29-34.
- CHAVES, L.H.G. et al. 2008. Variabilidade espacial do estoque de carbono nos Tabuleiros Costeiros da Paraiba: Solo cultivado com cana-de-açúcar. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias* 3: 20-25.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SOLO. 1997. Manual de métodos de análise de solo. 2 ed., Rio de Janeiro. 212p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE. 2000. Censo e sociedade: Estatística a cidadania. ed. 10.
- LEÃO, A. C. 1986. Levantamento de Solos de Itabuna, Bahia. Ilhéus, BA., CEPLAC/CEPEC. Boletim Técnico nº 136. 42p.
- LEÃO, A. C.; SILVA, L. F. 1976. Levantamento Detalhado dos Solos da Estação Experimental Gregório Bondar. Ilhéus, BA., CEPLAC/CEPEC. Boletim Técnico nº 40. 24p.
- LEÃO, A. C. et al. 1985. Solos da Área da Usina de Álcool da Embaúba S/A, Município de Santa Cruz Cabralia, Bahia. Ilhéus, BA., CEPLAC/CEPEC. Boletim Técnico nº 128. 59 p.
- LUCA, E.F. 2003. Effect du paillis des residus decanne à sucre sur la séquestration de carbone dans un sol ferrallitique argileux du Brésil. *Étude et Gestion des Sols* 10(3): 191-200.
- MELO, A. A. O. et al. 1981. Solos do Município de Jiquiriça. Ilhéus, BA., CEPLAC/CEPEC. Boletim Técnico nº 86. 26 p.
- MELO, A. A. O. 1981. Solos do Município de Mutuípe. Ilhéus, BA., CEPLAC/CEPEC. Boletim Técnico nº 90. 25p.
- MELO, A. A. O. 1973. Solos do Núcleo Colonial de Una. Ilhéus, BA., CEPLAC/CEPEC. Boletim Técnico nº 26. 31p.
- MELO, A. A. O. 1983. Solos do Bolsão Apuarema-Itamari. Ilhéus, BA., CEPLAC/CEPEC. Boletim Técnico nº 108. 50p.
- MELO, A. A. O. 1985. Solos do Município de Uruçuca. Ilhéus, BA., CEPLAC/CEPEC. Boletim Técnico nº 129. 53p.
- MERLIN, D. R. S. 2008. Metodologia de Carbono Social. Manual Multiplicador. Palmas, Tocantins. Instituto Ecológica. 24p.
- SANTANA, S. O. et al. 2001. Atualização da Legenda de Solos, Região Sudeste da Bahia. In: Reunião Baiana de Correlação de Solo. Ilhéus, BA., CEPLAC/CEPEC. 87p.
- SANTANA, S. O. 1994. Levantamento Semidetalhado dos Solos do Município de Ibicaraí, BA. Ilhéus, BA., CEPLAC/CEPEC. Boletim Técnico nº 176. 37p.
- SANTANA, S. O. 1993. Levantamento Semidetalhado dos Solos do Município de Itapé, Bahia. Ilhéus, BA., CEPLAC/CEPEC. Boletim Técnico nº 174. 31p.
- SANTANA, S. O. et al. 1984. Levantamento Detalhado dos Solos da Estação Experimental Dr. Gileno Amado Itabuna, Brasil. Ilhéus, BA., CEPLAC/CEPEC. Boletim Técnico nº 121. 29p.
- SANTANA, S. O. et al. 1986. Levantamento Semidetalhado dos Solos do Município de Itajuípe. Ilhéus, BA., CEPLAC/CEPEC. Boletim Técnico nº 142. 48 p. ●

SISTEMA AGROFLORESTAL COM CACAUEIROS E ESSÊNCIAS FLORESTAIS: DESEMPENHO AGRONÔMICO, CLONAGEM E ANÁLISE ECONÔMICA

Caio Márcio Vasconcellos Cordeiro de Almeida¹, Fernando Luíz de Oliveira Corrêa², Antônio de Almeida Lima², Amarildo Pinheiro Virgulino¹, Ivan Pires Xavier³

¹CEPLAC/CEPEX-RO, Avenida Governador Jorge Teixeira, nº 86, Bairro Nova Porto Velho, 76.820-096, Porto Velho, Rondônia, Brasil. caio.almeida@agricultura.gov.br. ²CEPLAC/CEPEX-RO/ESEOP, BR 364, km 325, 76.920 - 000, Ouro Preto do Oeste, Rondônia, Brasil. ³CEPLAC/CEPEX-RO/ELOUP, Rua JK, 347, Centro, 76.920 - 000, Ouro Preto do Oeste, Rondônia, Brasil.

Trata-se de estudo de caso para avaliar sistema agroflorestal (SAF) com variedades híbridas de cacaueiros e essências florestais convertido em SAF com variedades clonais, abordando os aspectos agronômicos da implantação e do manejo, a conversão da plantação híbrida em plantação clonal, além da rentabilidade do cultivo. O estudo foi realizado no Sítio Rio Branco, em Ouro Preto do Oeste, Rondônia, em 2,24 hectares de cacaueiros, implantados em 2003. Com os baixos níveis de produtividade obtidos até 2011, inferiores a 400,0 kg ha⁻¹ de amêndoas secas de cacau, foi revelada a necessidade de se fazer uso de fertilização química, por se tratar de solos com baixo teor de fósforo e mediano de potássio. As fertilizações realizadas nos anos seguintes elevaram a produtividade das variedades híbridas para patamar superior a 1.300,0 kg ha⁻¹, em 2014 e 2015. Em paralelo, entre 2012 e 2014, e em 2018, o produtor substituiu, gradativamente, as variedades híbridas pelos clones CCN 51, PH 16, SJ 02, PS 1319, CCN 10 e BN 34, utilizando a enxertia por garfagem de topo em fenda cheia. Em 2018, acrescentou às tecnologias em uso, a irrigação por micro aspersão, quando obteve os maiores níveis de produtividade, atingindo o patamar de 2.057,1 kg ha, em 2019. A análise econômica do período de 2005 a 2019 revelou Taxa Interna de Retorno - TIR de 26%, o que demonstra a viabilidade econômica do sistema de produção. A Renda Bruta Descontada - RDB e o Valor Presente Líquido - VPL tiveram melhor desempenho no ano de 2019, com valores líquidos de: R\$ 47.594,83 e R\$ 15.732,91, respectivamente, coincidente com a maior produtividade obtida. A adoção correta das práticas de manejo agronômico resultou em maior performance produtiva tanto para as variedades híbridas como para as variedades clonais.

Palavras-chave: intercultivo, produtividade, variedades híbridas, variedades clonais, *Theobroma cacao* L.

Agroforestry system with cocoa trees and forest essences: agronomic performance, cloning and economic analysis. This is a case study to evaluate the agroforestry system (SAF) with hybrid varieties of cocoa trees and forest essences converted into SAF with clonal varieties, addressing the agronomic aspects of implantation and management, the conversion of the hybrid plantation to clonal plantation, in addition to cultivation profitability. The study was carried out at Sítio Rio Branco, in Ouro Preto do Oeste, Rondônia, on 2.24 hectares of cocoa trees, implanted in 2003. With the low levels of productivity obtained until 2011, below 400.0 kg ha⁻¹ of almonds cocoa droughts, the need to use chemical fertilization was revealed, as they are soils with low phosphorus and medium potassium. The fertilizations carried out in the following years raised the productivity of hybrid varieties to a level higher than 1,300.0 kg ha⁻¹, in 2014 and 2015. In parallel, between 2012 and 2014, and in 2018, the producer gradually replaced hybrid varieties by clones CCN 51, PH 16, SJ 02, PS 1319, CCN 10 and BN 34, using grafting top forks in full slits. In 2018, it added micro sprinkler irrigation to the technologies in use, when it achieved the highest levels of productivity, reaching the level of 2,057.1 kg ha in 2019. The economic analysis for the period from 2005 to 2019 revealed an Internal Rate of Return - 26% IRR, which demonstrates the economic viability of the production system. Gross Discounted Income - RDB and Net Present Value - NPV performed better in 2019, with net values of: R \$ 47,594.83 and R \$ 15,732.91, respectively, coinciding with the higher productivity obtained. The correct adoption of agronomic management practices resulted in greater productive performance for both hybrid and clonal varieties.

Key words: intercultural, productivity, hybrid varieties, clonal varieties, *Theobroma cacao* L.

Introdução

Sustentabilidade na agricultura é um dos temas atuais de discussão no meio técnico-científico para entender as causas que dificultam a permanência do homem no meio rural, levando-o a migrar para os centros urbanos do país em busca de melhores condições de vida. Conceitualmente, refere-se às ações e atividades humanas que visam suprir as necessidades atuais dos seres humanos, sem comprometer o futuro das próximas gerações (Sustentabilidade, 2020), ou atender a demandas crescentes da sociedade utilizando os recursos naturais finitos de forma inteligente (Lopes e Contini, 2012), ou ainda, à capacidade de os agricultores familiares conservarem ou aumentarem sua qualidade de vida mantendo e garantindo recursos para as próximas gerações (Gomes, 2005). Nas muitas vertentes de abordagem, há destaque para os aspectos técnicos, com ênfase às tecnologias em uso, as questões ambientais e sociais envolvidas, o acesso ao crédito agrícola, o associativismo e o cooperativismo, além da rentabilidade econômico-financeira do empreendimento rural.

A cacauicultura rondoniense, desde sua implantação em bases tecnificadas na década de 1970, defrontou-se com limitações de diversas naturezas para se estabelecer de forma sustentável. Fatores impostos pelos baixos preços do produto no mercado internacional, a carência de mão de obra no meio rural onerando os custos de produção, a virulência da vassoura-de-bruxa (*Moniliophthora perniciosa*), principal enfermidade do cacaueteiro (*Theobroma cacao* L.) na região, entre outros fatores (Almeida, Matos e Destro, 2011), constituíram óbices para o fortalecimento desse polo cacaueteiro, inclusive para a implantação e permanência de indústrias de processamento de amêndoas secas.

Atualmente, o polo rondoniense é constituído de aproximadamente 9,4 mil hectares de cacaueteiros que produzem em torno de 5,3 mil toneladas de amêndoas secas, com rendimento médio de 561 kg ha⁻¹ de amêndoas secas, representando o quarto estado brasileiro produtor desta commodity (IBGE, 2020). Nos últimos anos, a comunidade rural regional tem despertado o interesse pela implantação de variedades clonais, em virtude de informações do elevado desempenho agrônomo desses materiais genéticos

nos estados da Bahia e Espírito Santo (CEPLAC, 2002; Lopes et al., 2004; Pires, Rosa e Macêdo, 2012; CEPLAC, 2014; Lopes et al., 2018; Monteiro et al., s.d.; Pires et al., s.d.).

A utilização de variedades híbridas ou de variedades clonais de cacauete em sistema agroflorestal aliada às práticas de manejo agrônomo recomendadas para o cultivo do cacaueteiro na Amazônia brasileira podem proporcionar aumento na produtividade e, consequentemente, aumento na renda do produtor. Este estudo de caso objetiva avaliar um sistema agroflorestal (SAF) com variedades híbridas de cacaueteiros e essências florestais convertido em SAF com variedades clonais, abordando os aspectos agrônomo da implantação e manejo do plantio, da conversão da plantação híbrida em plantação clonal, além da rentabilidade do cultivo agrícola.

Material e Métodos

Este estudo foi realizado em área de intercultivo de cacaueteiros e essências florestais no Sítio Rio Branco, localizado no lote 15, gleba 20 D, linha 20/81, do antigo Projeto Integrado de Colonização Ouro Preto, atual município de Ouro Preto do Oeste (10° 37'30" S; 62° 07'30" W), Rondônia. Na década de 1970, a vegetação natural da floresta equatorial primária dessa área foi derrubada para formação de pastagem, a qual foi explorada até 1983, quando já apresentava sinais de degradação. Nessa ocasião, fez-se uso de duas aplicações de herbicida sistêmico para eliminar as gramíneas componentes da pastagem. No período de 1984 a 1999 a exploração da pastagem foi substituída pelo plantio e exploração de cacaueteiros de variedades híbridas, em face de o produtor rural já ter tradição com esse cultivo e como uma opção econômica. No ano de 2000, em razão da baixa produtividade do cacauete, malformação da maioria das plantas em virtude de poda malfeita e elevada ocorrência da broca-dos-frutos (*Conotrachelus humeripictus*), o plantio de cacaueteiros foi substituído por cafeeiros (*Coffea canephora*), variedade Conilon, que foram explorados apenas até 2002, quando o produtor retornou ao cultivo de cacaueteiros no ano seguinte, objeto deste estudo de caso.

O produtor rural é oriundo do município de Linhares, no estado do Espírito Santo, onde exercia atividades agrícolas com o cultivo de cacaueteiros e espécies

alimentares, como: feijão, milho e mandioca, em propriedade da família. A migração para Rondônia decorreu das facilidades de aquisição de terras férteis, estimulado também pela propaganda oficial para ocupação dos chamados vazios demográficos da Amazônia e por parentes que aqui já se encontravam. Apresenta como escolaridade o 1º grau e residência na propriedade rural desde 1982, ano da sua aquisição.

A região em foco caracteriza-se por apresentar clima tropical quente e úmido, do tipo Aw – Clima Tropical Chuvoso, de acordo com a classificação de Köppen, com média anual da temperatura do ar variando de 24°C a 26°C e um período seco bem definido (junho a agosto), quando ocorre um moderado déficit hídrico com índices pluviométricos inferiores a 50 mm mês⁻¹. A precipitação pluviométrica anual varia de 1400 mm a 2600 mm. A área estudada apresenta topografia plana, e solo classificado como Cambissolo Háplico Eutrófico, conforme Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Santos et al., 2006).

A metodologia adotada no estudo consistiu de entrevista e aplicação de questionário com o proprietário e seu filho, complementada com dados disponibilizados pelo escritório de extensão rural de Ouro Preto do Oeste e pelo técnico da Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira - CEPLAC que presta assistência técnica à propriedade. Tais informações serviram para caracterizar os diferentes aspectos relacionados à implantação, manejo, clonagem dos cacaueiros e sócio economia do sistema agroflorestal.

Na análise econômica, os indicadores utilizados foram: o Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR), Receita Bruta Descontada (RBD), Despesa Bruta Descontada (DBD), além dos indicadores de desempenho: Jornada de Trabalho, Produção, Produtividade e Produtividade Esperada. O VPL, também conhecido como Valor Atual Líquido (VAL) ou método do valor atual, é a fórmula econômico-financeira capaz de determinar o valor presente de pagamentos futuros descontados a uma taxa de juros apropriada, menos o custo do investimento inicial. Além disso, leva em consideração o custo de capital da propriedade rural, na forma da Taxa Mínima de Atratividade (TMA) ou taxa de desconto, para a qual considerou-se de 2,5% ao ano (a.a.), aplicada atualmente nas operações do Programa Nacional da

Agricultura Familiar (PRONAF Floresta e/ou mais Alimento).

Outro indicador utilizado para melhorar o entendimento do retorno do investimento é a TIR. Ela serve para transformar o produto do cálculo de VPL em valores reais. É uma medida relativa, expressa em percentual, que demonstra o quanto rende um projeto de investimento, considerando a mesma periodicidade de seus fluxos de caixa.

Para o cálculo desses indicadores utilizaram-se as seguintes formulas (Silva, Jacovine e Valverde, 2005):

$$VPL = \sum_{t=1}^{n=N} \frac{FC_t}{(1+i)^n}$$

Em que:

FCt = Fluxo de Caixa no período de tempo

i = Taxa de Juros ou Taxa Mínima de Atratividade (TMA)

n = Período final a ser analisado

$$TIR = \sum_{T=0}^n \frac{Fn}{(1+i)^n} = 0$$

Em que:

Fn = Fluxo de Caixa no Período de tempo.

$$DBD = \frac{DB}{(1+i)^n}$$

$$RBD = \frac{RB}{(1+i)^n}$$

Em que:

RBD = Receita Bruta Descontada

DBD = Despesa Bruta Descontada

RB = Receita Bruta

DB = Despesa Bruta

Os indicadores RBD e DBD são importantes para a gestão financeira de uma propriedade rural, pois informam sobre o valor necessário para o custeio das atividades previstas no sistema de produção adotado, bem como seu montante num dado horizonte de tempo. Ao se obter o valor total das receitas e das despesas do período em análise, submetido a uma TMA, abrangendo os gastos com jornada de trabalho,

insumos, transporte, impostos e/ou outros, o valor resultante representa o lucro ou a renda líquida gerada pelo sistema de produção adotado.

Muito embora o rigor metodológico adotado nas coletas e análises dos dados desta pesquisa, mas, por se tratar de um estudo de caso de uma única unidade produtiva onde se procura descrever e explicar a conversão de um plantio de variedades híbridas em plantio de variedades clonais de cacau, os resultados apresentados a seguir devem ser vistos com a cautela decorrente ao processo amostral.

Resultados e Discussão

Implantação, manejo das atividades agroflorestais e desempenho agrônômico

Em janeiro de 2003, o produtor rural implantou, com recursos próprios, 2,3 ha de cacauzeiros em sistema agroflorestal no espaçamento de 3,0 m x 3,0 m, em covas de dimensões de 25 cm x 25 cm x 25 cm, utilizando mudas de cacau com quatro meses de idade, formadas a partir de sementes de variedades híbridas produzidas na Estação Experimental Ouro Preto – ESEOP, pertencente à CEPLAC. Em geral, tais variedades híbridas de cacauzeiros produzidas e distribuídas em Rondônia são formadas por mescla homogênea de pelo menos oito a dez cruzamentos interclonais.

Anteriormente ao plantio de cacauzeiros, em novembro e dezembro de 2002, implantou bananeiras (*Musa* sp.) no espaçamento de 3,0 m x 3,0 m, para formação do sombreamento provisório. Também, utilizou as entrelinhas do SAF, no primeiro ano, para cultivo de milho, destinado preferencialmente à subsistência da família. A produção da banana foi utilizada como fonte de alimento e renda até o 3º ano do plantio.

O sombreamento definitivo foi formado a partir de componentes da regeneração natural da vegetação, de acordo com a preferência do produtor, e implantação de algumas espécies, conforme a seguir: bandarra (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*), biribazeiro (*Rollinia mucosa*), branquilho (*Sebastiania brasiliensis*), cedro-rosa (*Cedrella odorata*), cerejeira (*Amburana acreana*), freijó (*Cordia* sp.), garrote (*Bagassa guianensis*), imbireira (*Couratari*

stellata), ingazeira (*Inga* sp.), ipê (*Tabebuia* sp.), itaúba (*Mezilaurus itauba*), jenipapeiro (*Genipa caruto*), pitangueira (*Eugenia uniflora*), roxinho (*Tradescantia pallida*) e seringueira (*Hevea brasiliensis*). Por se tratar de processo de regeneração espontânea da vegetação natural e implantação aleatória de algumas espécies, o espaçamento é irregular entre esses componentes arbóreos.

As informações obtidas evidenciaram que foram utilizados, rotineiramente, os seguintes tratos culturais no manejo do SAF em análise: **i)** roçagem - duas por ano, utilizando biscoi até 2009, e roçadeira motorizada, de 2010 em diante; **ii)** desbrota dos cacauzeiros – duas por ano; **iii)** poda fitossanitária – realizada de agosto a outubro para o controle cultural da vassoura-de-bruxa e **iv)** beneficiamento primário do cacau - compreendendo colheita, amontoa e quebra dos frutos, fermentação e secagem das sementes realizadas em lona, por não possuir estrutura convencional de beneficiamento. Ocasionalmente, realizou o controle químico de insetos-praga, sobretudo do monalônio (*Monalonia annulipes*). A presença frequente da broca-dos-frutos ocasionando danos significativos à produção, e a inexistência de controle químico para essa praga levou o produtor a adotar a estratégia de controle cultural, por meio do ajuntamento dos frutos de cacau sobre lonas plásticas para realizar a quebra e a retirada das sementes, e assim, evitar que as larvas se dirijam para o solo, conforme recomendação de Trevisan et al. (2012). Em 2004, replantou aproximadamente 500 cacauzeiros utilizando mudas de variedades híbridas.

Em junho de 2007, em razão da baixíssima produtividade dos cacauzeiros, pesquisadores e extensionistas da CEPLAC realizaram supervisão técnica para estabelecer um diagnóstico para esse baixo desempenho agrônômico. Na ocasião, observou-se que os poucos frutos de cacau encontrados revelavam, pela sua diversidade fenotípica, a presença de mescla de diversos cruzamentos interclonais, um indicativo do plantio das variedades híbridas distribuídas em Rondônia e da adequada população de polinizadores na área, além de inexistência de quaisquer restrições decorrentes de fator genético, a exemplo de incompatibilidade sexual. Observou-se também boa drenagem da área de plantio e que a maioria dos

cacaueiros e plantas sombreadoras apresentavam sinais de raquitismo (plantas pequenas e finas) e de desnutrição (folhas pequenas, cloróticas, outras estreitas, outras com necrose marginal), o que direcionava para deficiência nutricional (Figura 1). Ademais, muito embora a área em cultivo fosse explorada desde a década de 1970, ou seja, há mais de 30 anos, o produtor rural nunca havia realizado qualquer tipo de reposição nutricional ao solo, decorrente da crença equivocada de dispensa desta prática, por se tratar, a área de cultivo, de solos de média a alta fertilidade natural. Em julho de 2007, logo após essa visita técnica, os resultados das análises químicas do solo revelaram essa assertiva de deficiência nutricional nas plantas (Tabela 1).

Sabe-se que o cacaueiro é uma espécie de elevada exigência nutricional e, em decorrência, se implantado em solos com limitada disponibilidade de minerais, essa condição torna-se em fator limitante da produtividade, se não houver reposição desses minerais. Mesmo estabelecido em solos de média a elevada fertilidade natural, a reposição nutricional deve acontecer, o mais tardar, após o quinto ano de cultivo (Garcia et al., 1985). Dessa forma, a disponibilidade de nutrientes às plantas é fator primordial e o meio mais rápido de se elevar a produtividade do empreendimento agrícola.

Em novembro e dezembro de 2008 e de 2009, o produtor rural, a título de convencimento próprio, adubou 500 cacaueiros, utilizando 300 g planta⁻¹ do composto NPK (20-5-20), em duas aplicações, em intervalo de 40 dias, em virtude da disponibilidade desta formulação no mercado rondoniense para a cultura do café. Também, em dezembro de 2009, por iniciativa própria e sem o devido respaldo de diagnose foliar, aplicou adubo foliar em toda a área, fazendo uso do fertilizante organomineral Mol Top® (carbono orgânico total: 10%, nitrogênio: 11%, potássio: 1% e ácido fosforoso: 6%), tendo como matéria-prima: ureia, cloreto de potássio, ácido fosforoso, resíduo orgânico agroindustrial de origem vegetal e água. Por questão de comodidade e por desconhecer a importância do uso do fertilizante apropriado, o produtor não se dispôs a preparar a formulação de NPK recomendada para sua plantação de cacau. Mesmo assim, essas adubações se refletiram, positivamente, na produtividade do cacau, no período de 2009 a 2011, cuja média se elevou para 387,3 kg ha⁻¹ de amêndoas

secas de cacau, um aumento significativo em relação ao ano de 2008 (180,4 kg ha⁻¹), muito embora ainda 3 vezes abaixo das expectativas para a cultura, ou seja, de 1.200 kg ha⁻¹ ano⁻¹ (Tabela 1).

Apesar desse incremento produtivo, constatou-se a utilização de formulação desequilibrada para o cacaueiro, em razão da desproporcionalidade entre as quantidades de nutrientes aplicadas. Os resultados das análises químicas de solos (Tabela 1) revelaram que o ideal seria a utilização de 60-90-30 kg ha⁻¹ dos nutrientes N - P₂O₅ - K₂O, respectivamente (Chepote et al., 2012). Levando-se em conta a formulação e dosagem aplicada verifica-se que as aplicações de N - P₂O₅ - K₂O equivaleram, respectivamente, a 107%, 18% e 213% da formulação apropriada (60-90-30 kg ha⁻¹). Portanto, verificou-se o desequilíbrio entre as quantidades de nutrientes aplicadas.

Em setembro de 2011, diante da baixa resposta à aplicação de fertilizantes (Tabela 2), foram adotadas as seguintes providências: **i)** coletas de amostras de solo para novas análises químicas; **ii)** sondagem da profundidade do solo para averiguar existência de impedimento físico; **iii)** determinação do tamanho real do plantio e **iv)** levantamento dos estandes de cacaueiros e de plantas do sombreamento. Os resultados das novas análises químicas do solo corroboraram a necessidade de reposição nutricional (Tabela 2), utilizando a formulação 60-90-30 kg ha⁻¹ dos nutrientes N - P₂O₅ - K₂O, respectivamente, por se tratar de solos com baixo teor de fósforo e mediano de potássio. A acidez do solo, próxima da neutralidade, não justificou a prática de calagem. Na sondagem da profundidade do solo, por meio de 20 perfurações, evidenciou-se a inexistência de qualquer impedimento físico e/ou mecânico até 1,20 m de profundidade, situação favorável, portanto, ao pleno crescimento do sistema radicular das plantas instaladas, o que deve possibilitar o suprimento das necessidades em nutrientes e água, além da exploração das camadas inferiores do solo.

Confirmou-se que a área cultivada apresenta 2,24 ha, com população de 2.174 cacaueiros, o que caracteriza estande incompleto e a necessidade de replantio de 314 plantas, ou seja, de 12,6% de falhas no estande. O sombreamento definitivo compunha-se de 230 plantas, com predominância de bandarra (84,8%), fato esperado por ser a espécie pioneira mais



Figura 1 - Cacaueiros com sinais de raquitismo e sintomas de deficiência mineral no Sítio Rio Branco, Ouro Preto do Oeste, Rondônia.

Tabela 1 – Resultados das análises químicas do solo de 2,24 ha de intercultivo de cacaueiros e essências florestais no Sítio Rio Branco, Ouro Preto do Oeste, Rondônia

Profundidade da amostra de solo (cm)	pH em água	P mg/dm ³	K	Ca	Mg	H + Al	Al	V	Data
					mmol _e /dm ³			%	
0 - 20	6,10	2,0	1,72	53,4	3,3	31,4	0,0	65,0	07/2007
20 - 40	6,10	1,0	1,69	31,0	2,0	28,1	0,0	55,0	07/2007
0 - 20	6,05	1,3	1,20			24,6	0,05	49,0	09/2011

Tabela 2 - Resultados econômicos da atividade cacauera no Sítio Rio Branco, município de Ouro Preto do Oeste, Rondônia

Ano	Idade (em anos)	Jornada h/d	Produção (kg)*	Produtividade h/d	Produtividade esperada (kg/ha**)	Receita Bruta	Receita Bruta Descontada	Despesa Bruta	Despesa Bruta Descontada	TIR***	VPL****	Varição absoluta VPL	Receita Marginal Descontada	Custo Marginal Descontado
2005	2	44	170,0	75,9	200,0	R\$ 685,10	R\$ 652,09	R\$ 1.274,66	R\$ 1.213,24		-R\$ 561,15	R\$ -	R\$ -	R\$ -
2006	3	39	202,0	90,2	400,0	R\$ 529,24	R\$ 491,45	R\$ 704,48	R\$ 654,18		-R\$ 162,73	R\$ 398,42	-R\$ 160,64	-R\$ 559,06
2007	4	43	306,0	136,6	800,0	R\$ 1.015,92	R\$ 920,37	R\$ 986,82	R\$ 894,01		R\$ 26,36	R\$ 189,09	R\$ 428,92	R\$ 239,83
2008	5	40	404,0	180,4	1.200,0	R\$ 4.767,50	R\$ 4.213,78	R\$ 1.450,64	R\$ 1.282,15		R\$ 2.931,62	R\$ 2.905,26	R\$ 3.293,40	R\$ 388,14
2009	6	42	819,0	365,6	1.200,0	R\$ 4.086,50	R\$ 3.523,78	R\$ 3.245,00	R\$ 2.798,15		R\$ 725,62	-R\$ 2.206,00	-R\$ 690,00	R\$ 1.516,00
2010	7	42	806,0	359,8	1.200,0	R\$ 4.630,00	R\$ 3.895,06	R\$ 1.648,14	R\$ 1.386,52		R\$ 2.508,54	R\$ 1.782,91	R\$ 371,28	-R\$ 1.411,63
2011	8	46	978,0	436,6	1.200,0	R\$ 4.066,70	R\$ 3.337,73	R\$ 4.826,62	R\$ 3.961,43		-R\$ 630,70	-R\$ 3.132,24	-R\$ 557,33	R\$ 2.574,91
2012	9	66	2.005,0	895,1	1.200,0	R\$ 3.598,10	R\$ 2.881,10	R\$ 3.936,02	R\$ 3.151,68		-R\$ 270,58	R\$ 353,12	-R\$ 456,63	-R\$ 809,75
2013	10	70	2.310,0	1.031,2	1.200,0	R\$ 9.233,10	R\$ 7.212,88	R\$ 4.451,96	R\$ 3.477,86		R\$ 3.735,02	R\$ 4.005,60	R\$ 4.331,78	R\$ 326,18
2014	11	68	3.255,5	1.453,3	1.200,0	R\$ 19.883,22	R\$ 15.153,89	R\$ 5.713,08	R\$ 4.354,19		R\$ 10.799,70	R\$ 7.064,68	R\$ 7.941,01	R\$ 876,33
2015	12	51	2.967,5	1.324,8	1.200,0	R\$ 24.064,80	R\$ 17.893,52	R\$ 5.020,63	R\$ 3.733,12		R\$ 14.160,40	R\$ 3.360,71	R\$ 2.739,63	-R\$ 621,08
2016	13	45	802,0	358,0	1.200,0	R\$ 8.023,95	R\$ 5.820,74	R\$ 5.630,90	R\$ 4.084,77		R\$ 1.735,97	-R\$ 12.424,44	-R\$ 12.072,79	R\$ 351,65
2017	14	55	1.825,0	815,0	1.200,0	R\$ 11.489,50	R\$ 8.131,43	R\$ 5.358,53	R\$ 3.792,38		R\$ 4.339,05	R\$ 2.603,09	R\$ 2.310,69	-R\$ 292,39
2018	15	75	3.318,6	1.481,5	1.200,0	R\$ 33.293,45	R\$ 22.987,98	R\$ 31.470,29	R\$ 21.729,15		R\$ 1.258,83	-R\$ 3.080,23	R\$ 17.167,24	R\$ 17.644,38
2019	16	156	4.608,0	2.057,1	1.200,0	R\$ 47.594,83	R\$ 32.061,06	R\$ 24.239,23	R\$ 16.328,15		R\$ 15.732,91	R\$ 14.474,09	R\$ 23.929,63	R\$ 12.535,77
TOTAL		882	24.777	737,4	1.053,3	R\$ 176.961,91	R\$ 129.176,87	R\$ 99.957,00	R\$ 72.841,00	26%			R\$ 48.576,22	R\$ 32.759,29

(*) Área: 2,24; (**) MAPA, 2015; (***) 65% da TIR em reinvestimento; (****) Taxa de desconto = 2,5 % a.a. Fonte: CEPLAC/SURROM/CEPEX (2019).

bem adaptada àquelas condições ecológicas, conforme constatação de Almeida et al. (2009). Essa população de plantas sombreadoras significa uma densidade média de 102 componentes arbóreos ha⁻¹, mais de três vezes a densidade recomendada para o sombreamento definitivo visando possibilitar de 50% a 60% de incidência solar, faixa de insolação considerada apropriada para cacaueiros adultos (Gramacho et al., 1992). Segundo Matos (2013), o espaçamento para o sombreamento definitivo varia em função do diâmetro da copa, sendo utilizados comumente os espaçamentos de 18,0 m x 18,0 m, 21,0 m x 21,0 m e 24,0 m x 24,0 m, o que corresponde, respectivamente, a 30, 23 e 18 plantas por hectare. Na época, a elevada densidade arbórea não promoveu excesso de sombreamento aos cacaueiros em razão do pouco desenvolvimento das plantas, possivelmente em decorrência de deficiência mineral, aliada à imaturidade fisiológica das mesmas. Mesmo assim, para evitar futura competição no agrossistema, procedeu-se redução desse estande para 43 plantas ha⁻¹, por meio de anelamento do tronco (remoção da casca) e aplicação de arboricida, sobretudo da bandarra, planta notável pela rapidez de crescimento e por atingir grande porte, porém com galhos frágeis que se quebram facilmente em ocasião de ventanias, fator depreciativo para um componente de sombreamento definitivo. Privilegiou-se a permanência na área de cultivo de componentes arbóreos com boa arquitetura de copa e melhor distribuição espacial.

Em novembro de 2011, no início do inverno amazônico, aplicou-se a primeira dosagem de nutrientes nas quantidades de 60 kg de N, 90 kg de P₂O₅ e 30 kg de K₂O ha⁻¹ aplicadas em 1.071 cacaueiros. Para tanto, foram aplicados: 65 kg de ureia, 220 kg de superfosfato triplo e 25 kg de cloreto de potássio; sendo que o nitrogênio e o potássio foram aplicados em duas dosagens, no início (novembro) e final do período chuvoso (maio) e o fósforo aplicado de uma única vez, em novembro de 2011. Em ambas as aplicações, removeu-se o folheto do solo para acelerar a incorporação dos nutrientes e reduzir perdas, retornando o mesmo logo após essa prática. Nos anos de 2012 a 2013, no início e final do período de chuvas, essas adubações foram repetidas, com os mesmos fertilizantes e quantidades anteriores, entretanto direcionadas para os outros 1.071 cacaueiros, que serviram de testemunha na primeira etapa da

adubação. A partir do ano 2014, excetuando 2017, o produtor passou a adubar toda a lavoura, utilizando as quantidades recomendadas. Porém, em 2019, por iniciativa própria, aumentou a quantidade de adubo por planta para 430,0 g de NPK, sendo 200,0 g aplicados na primeira etapa da adubação (novembro) e o restante em fevereiro de 2020.

O patamar de produtividade dos anos de 2014 e 2015, superior a 1.300 kg ha⁻¹, reflete tanto o elevado potencial genético da variedade híbrida explorada, como a eficácia da prática da fertilização química para atingir níveis superiores a 80 @ ha⁻¹ ou a 1.200 kg ha⁻¹, conforme recomendação de Chepote et al. (2012). Observa-se também que esse patamar de produtividade foi obtido com o estande cacaueiro incompleto (12,6% de falhas), o que indica, indiretamente, a possibilidade de alcance de níveis de produtividade mais elevados, no tempo de maturidade fisiológico apropriado, se o produtor fizer o replantio do cacau e se utilizar o manejo apropriado para tal. A não realização de adubação química em 2017, necessária para o bom desempenho produtivo do cacau, se refletiu no decréscimo da produtividade em 2017 (Tabela 2), acrescido também da interferência do processo de clonagem para substituição dos cacaueiros híbridos.

O produtor rural destacou perdas de produção de cacau causadas pela broca-dos-frutos de 5%, em 2014, e de 20%, em 2015. A partir destes anos, não ocorreram perdas expressivas de frutos decorrentes do ataque da broca, muito provavelmente resultante do efeito do controle cultural adotado, conforme já descrito (Trevisan et al., 2012), aliado à redução do sombreamento definitivo. Registraram-se outras perdas na produção em anos anteriores em decorrência da incidência de vassoura-de-bruxa estimadas entre 1% e 2%, e aquelas atribuídas à primatas (macacos), roedores (pacas) e aves (pica-pau), totalizando de 4% a 5% da produção.

Clonagem do cacau de variedades híbridas

O elevado desempenho produtivo de cacauais de variedades clonais da Bahia e do Espírito Santo, com registros de produtividade superiores a 1.500 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de amêndoas secas de cacau e até patamares mais elevados, quando sob irrigação (CEPLAC, 2002;

Lopes et al., 2004; Pires, Rosa e Macêdo, 2012; CEPLAC, 2014; Monteiro et al., s.d.; Pires et al., s.d.), estimulou o produtor a substituir sua lavoura de cacaueiros de variedades híbridas por variedades clonais. Para tanto, a partir da poda fitossanitária realizada de agosto a outubro de 2012 para o controle da vassoura-de-bruxa, suspendeu a prática de desbrota dos cacaueiros para preservar os ramos ortotrópicos emitidos na base do tronco, visando à substituição da copa.

Em novembro de 2012, o agricultor realizou a enxertia dos brotos basais de parte dos cacaueiros, através da garfagem de topo em fenda cheia, utilizando materiais (garfos) importados do estado do Espírito Santo dos clones: CCN 51, PH 16, SJ 02, PS 1319, CCN 10 e BN 34, com predominância dos dois primeiros. Adotaram-se os seguintes procedimentos básicos, conforme orientações técnicas da CEPLAC: i) uso de até três brotos basais por planta entre os mais próximos ao solo e com melhor disposição no tronco, eliminando-se os excedentes; ii) uso de garfos com 15 a 20 cm de comprimento contendo de três a quatro gemas; iii) uso de amarrilho ou barbante para facilitar a aderência do garfo ao porta-enxerto; iv) uso de saco plástico transparente para proteger o enxerto de intempéries e criar câmara úmida com condições microclimáticas favoráveis e v) realização da enxertia no campo nos horários de 7,0 horas às 10,0 horas, e de 16 horas às 17,30 horas, evitando-se, contudo, os dias chuvosos ou de instabilidade pluviométrica. Entre 20 e 30 dias após a enxertia, quando os garfos apresentavam brotação com um par de folhas novas, com cerca de 5 cm, removeu-se a câmara úmida e, 20 dias depois, o amarrilho.

Esse processo de enxertia dos cacaueiros híbridos por variedades clonais foi realizado, gradativamente, conforme a seguir: i) novembro e dezembro de 2012 – 350 plantas; ii) janeiro a junho de 2013 – 420 plantas; iii) janeiro a junho de 2014 – 720 plantas; iv) janeiro a junho de 2016 – 110 plantas; v) janeiro a junho de 2018 – 200 plantas, totalizando 1.800 cacaueiros enxertados, ou seja, uma densidade populacional de 804 plantas ha⁻¹. O não replantio das falhas e o não pagamento de alguns enxertos, com morte de porta-enxertos, impediram a formação da densidade populacional esperada de 1.111 cacaueiros ha⁻¹. Os materiais genéticos usados na enxertia em 2012 e 2013 foram

oriundos de lavouras do estado do Espírito Santo, acondicionados em caixas de isopor e transportados por via aérea. A partir de 2014, o produtor utilizou garfos produzidos na própria área, nas plantas enxertadas em 2012.

A adoção da estratégia de enxertia do estande cacaueiro de forma paulatina, conforme descrito anteriormente, não impediu que houvesse o decréscimo de produção registrado em 2016 e 2017, coincidente também com a não aplicação de fertilizantes químicos em 2017. As elevadas produtividades de 1.481,5 kg ha⁻¹ e de 2.057,1 kg ha⁻¹ de amêndoas secas de cacau, obtidas em 2018 e 2019, respectivamente, revelam a interação positiva do potencial produtivo das variedades clonais, com a adoção às tecnologias recomendadas, em especial a adubação química e o suprimento controlado de água. O agricultor passou a adotar a prática de irrigação a partir de julho de 2018, quando instalou sistema por micro aspersão, com espaçamento de 12 m x 12 m entre os aspersores, o que permitiu disponibilizar às plantas cerca de 28,0 litros de água por turno de rega, em intervalo de 7 dias, nos meses de julho e agosto, período de maior déficit hídrico na região. Em 2019, o suprimento de água foi estendido para os meses de julho a outubro, com turno de rega de três vezes por semana. Entretanto, este fornecimento de água aos cacaueiros está abaixo da necessidade da cultura, pois de acordo com as pesquisas de Leite (2013), ao avaliar cacaueiros com quatro anos de idade, em consórcio com bananeira e pau-brasil, sob gotejamento, o consumo hídrico médio foi de 31,5 litros de água planta⁻¹ dia⁻¹. Também, Souza et al. (2016) citam que o consumo de água do cacaueiro adulto está em torno de 50 litros por dia.

A retirada constante de material genético para enxertia, visando o processo de substituição dos cacaueiros híbridos, nos anos de 2014 e 2015, seguramente contribuiu para a baixa frutificação das plantas enxertadas em 2012 e 2013. Assim, toda produção obtida na área em foco, até 2015, foi atribuída ao desempenho das variedades híbridas, enquanto a produção a partir de 2016 deveu-se, exclusivamente, às variedades clonais. Em outubro de 2018, visando complementar o estande da lavoura cacaueira, o produtor rural recebeu 330 mudas das variedades clonais CEPEC 2002, PH 19, CP 49, SJ 02, PS 1319, Ipiranga 1 e BN 34, produzidas na ESEOP.

Análise socioeconômica da atividade cacaueira

Para análise econômica da atividade cacaueira do Sítio Rio Branco foram computadas as despesas realizadas no período de 2005 a 2019, com mão-de-obra para o manejo agrônomo, aquisição de insumos agrícolas (fertilizantes, inseticidas, fungicidas, arboricida, ferramentas e combustível) e de equipamentos (roçadeira e pulverizador), além do transporte das amêndoas secas, despesas essas atualizadas, adotando-se uma taxa de juros de 2,5% ao ano (a.a.), conforme já mencionado.

Para cálculo da mão de obra empregada, adotaram-se os coeficientes técnicos constantes em BRASIL, 2015, ajustados após entrevista com o proprietário, em face das peculiaridades do empreendimento. Por exemplo, o cacau em foco, por se localizar isolado de outras plantações de cacau daquela região, apresenta baixíssimo nível de infecção pelo patógeno *M. perniciosa*. Em decorrência, os gastos com mão de obra para a poda fitossanitária foram reduzidos praticamente pela metade ao preconizado no sistema de produção (BRASIL, 2015).

A Tabela 2, reúne os valores obtidos na análise econômica, os quais retratam o desempenho do manejo agrônomo no período em análise, que refletiu uma TIR de 26%. Segundo Silva, Jacovine e Valverde (2005) valores de TIR entre 20% e 40% demonstram a viabilidade econômica do sistema de produção. Considerando todo o período para o cálculo da TIR, em torno de 65% acumulado, e os VPL de cada ano, pressupõe-se que o produtor rural destinou sua renda líquida em investimentos tanto na atividade cacaueira, como em outras atividades econômicas, pois sua propriedade é diversificada.

Os patamares de produtividade obtidos pelo produtor rural superiores aos esperados no sistema de produção para a região (Reis e Silva Neto, 2013), em especial nos intervalos dos anos de 2014/2015 e 2018/2019, retratam que a adoção correta das práticas de manejo resultou em maior performance produtiva tanto para as variedades híbridas como para as variedades clonais.

Nos anos em que o VPL foi negativo, o que indica que o investimento não foi rentável, a propriedade se manteve em função dos resultados dos anos anteriores

e seguintes. Isso fica mais claro quando se observa a relação entre RBD, DBD e VPL melhor retratado na Figura 2, que expressa o desempenho do SAF quanto ao uso da tecnologia preconizada. Observa-se que o RBD teve seu melhor desempenho no ano de 2019, da mesma forma que o VPL, com valores líquidos de: R\$ 47.594,83 e R\$ 15.732,91, respectivamente, compensando a DBD de: R\$ 24.239,23, performance resultante da maturidade produtiva da maioria das plantas clonais em cultivo e do uso correto da tecnologia.

Nos anos anteriores ocorreram oscilações, com discrepâncias da renda em alguns anos, o que indiretamente indica que o manejo agrônomo da atividade cacaueteira não foi mantido de forma regular. Dessa forma, presume-se que o produtor rural estava se adequando ao uso de novas práticas de manejo em virtude da utilização de novos materiais genéticos, que têm demonstrado boa adaptação às condições ecológicas regionais.

As diversas oscilações e discrepâncias dos valores de VPL ocorridos no período em análise poderiam impactar o desempenho da atividade cacaueteira, caso o mercado de cacau estivesse em baixa nas Bolsas de Mercadoria e Futuro (BM&F), pois trata-se de uma *commodity* agrícola que sofre os reflexos da Lei de Oferta e Procura, ocasionados pelos estoques de mercadoria, pelos agentes econômicos e/ou pelos efeitos sazonais.

Com esses resultados, registra-se a melhoria e/ou avanço do desempenho da atividade cacaueteira, em especial no ano de 2019, avanço esse que pode promover maior bem-estar social por meio da empregabilidade da mão de obra familiar, maior geração de rendas e melhorias nos serviços ambientais.

Conclusão

- A adoção correta das práticas de manejo agrônomo resulta em maior produtividade tanto para as variedades híbridas como para as variedades clonais.

- A análise econômica do período avaliado revela Taxa Interna de Retorno (TIR) de 26%, o que demonstra a viabilidade econômica do sistema de produção.

- A Renda Bruta Descontada – RDB e o Valor Presente Líquido – VPL tiveram melhor desempenho no ano de 2019, com valores líquidos de: R\$ 47.594,83 e R\$ 15.732,91, respectivamente, coincidente com a maior produtividade obtida.

Agradecimentos

Ao produtor rural Armando de Jesus, pelas informações prestadas e por disponibilizar a área para realização desta pesquisa.

Desempenho Econômico da Atividade Cacaueteira

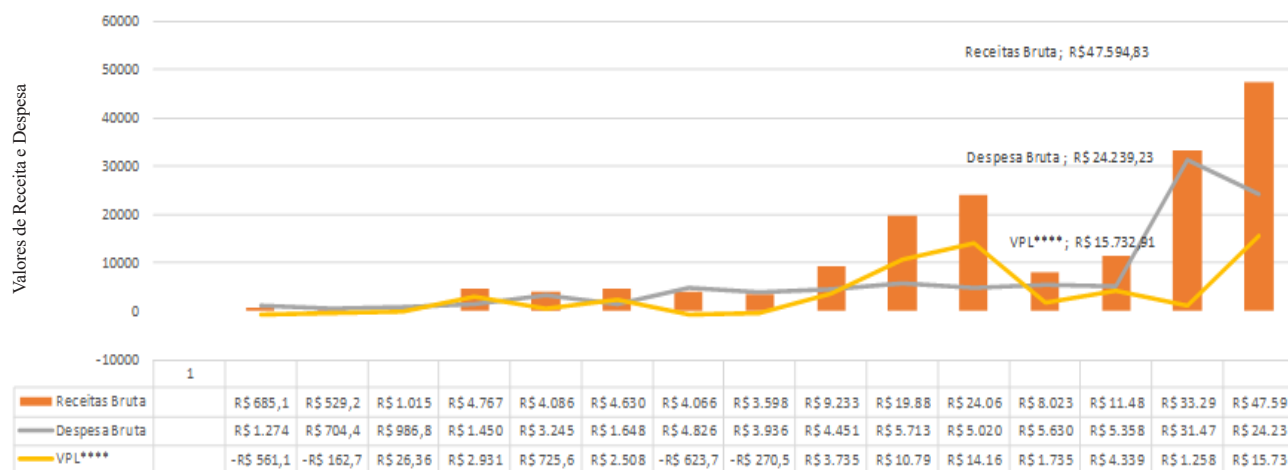


Figura 2 - Desempenho econômico da atividade cacaueteira no Sítio Rio Branco, município de Ouro Preto do Oeste, Rondônia.

Literatura Citada

- ALMEIDA, C. M. V. C. de et al. 2009. Diversidade de espécies arbóreas e potencial madeireiro em sistemas agrossilviculturais com cacaueiro em Ouro Preto do Oeste, Rondônia, Brasil. *Agrotrópica (Brasil)* 21(1):73-82.
- ALMEIDA, C. M. V. C. de; MATOS, P. G. G. de; DESTRO, W. 2011. Contribuições da CEPLAC para o processo de colonização de Rondônia: 40 anos de história e prospectiva. Porto Velho, RO, CEPLAC. 122p.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. 2015. Implantação do cacaueiro em sistemas agroflorestais. MAPA/CEPLAC. Brasília, DF, Mapa/ACS. 76p.
- COMISSÃO EXECUTIVA DO PLANO DA LAVOURA CACAUEIRA - CEPLAC. 2002. Novas variedades clonais resistentes à vassoura-de-bruxa: recomendação varietal. Itabuna, CEPLAC/CEPEC/SEMEQ.
- COMISSÃO EXECUTIVA DO PLANO DA LAVOURA CACAUEIRA - CEPLAC. 2014. Indicação de variedades clonais de cacaueiros. Ilhéus, CEPLAC/CEPEC. Comunicado CEPLAC/CEPEC N°2/2014.
- CHEPOTE, R. E. et al. 2012. Aptidão agrícola e fertilidade de solos para a cultura do cacaueiro. In: Valle, R. R. M. Ciência, Tecnologia e Manejo do Cacaueiro. pp.67-113.
- GARCIA, J. de J. da S. et al. 1985. Sistema de produção do cacaueiro na Amazônia brasileira. Belém, PA, CEPLAC/DEPEA. 118p.
- GOMES, I. 2005. Sustentabilidade social e ambiental na agricultura familiar. *Revista de Biologia e Ciências da Terra (Brasil)* 5(1).
- GRAMACHO, I. C. P. et al. 1992. Cultivo e beneficiamento de cacau na Bahia. Ilhéus, BA, CEPLAC.
- FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. 2020. Levantamento sistemático da produção agrícola. Pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil. Março de 2020.
- LEITE, M. S. B. 2013. Consumo hídrico do cacaueiro jovem irrigado por gotejamento em consórcio com bananeira e pau-brasil. Dissertação Mestrado. Ilhéus, BA, UESC. 68p.
- LOPES, M. A.; CONTINI, E. 2012. Agricultura, sustentabilidade e tecnologia. Especial Embrapa. *Agroanalysis*. pp.27-34.
- LOPES, U. V. et al. 2004. On farm selection for witches' broom resistance in Bahia, Brazil – a historical retrospective. *Agrotrópica (Brasil)* 16(3):61-66.
- LOPES, U. V. et al. 2018. Recomendação clonal de cacaueiros 2018 – Cepec 2176 e Cepec 2204. Itabuna, BA, MAPA/CEPLAC.
- MATOS, P. G. G. de. 2013. Plantio dos sombreamentos provisórios e definitivo. In: Silva Neto, P. J. da. et al. Manual técnico do cacaueiro para Amazônia brasileira. Belém, PA, CEPLAC/SUEPA. pp.39-41.
- MONTEIRO, W. R. et al. s.d. Recomendação de variedades clonais com base em dados dos ensaios multilocais. Itabuna, BA, CEPLAC/CEPEC.
- PIRES, J. L.; ROSA, E. S.; MACÊDO, M. M. 2012. Avaliação de clones de cacaueiro na Bahia, Brasil. *Agrotrópica (Brasil)* 24(2):79-84.
- PIRES, J. L. et al. s. d. Indicação de variedades de cacau para cultivo comercial – Rede de avaliação de clones em larga escala. Itabuna, BA, CEPLAC/CEPEC.
- REIS, S. M. dos; SILVA NETO, P. J. 2013. Índices de produtividade. In: Silva Neto, P. J. da. et al. Manual técnico do cacaueiro para Amazônia brasileira. Belém, PA, CEPLAC/SUEPA. pp.199-200.
- SANTOS, H. G. dos et al. (eds.). 2006. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2ed. Rio de Janeiro, RJ, Embrapa Solos. 306p.
- SILVA, M. L. da; JACOVINE, L. A. G.; VALVERDE, S. R. 2005. Economia Florestal. 2 ed. Viçosa, MG, UFV. 178p.
- SOUZA, C. A. S.; AGUILAR, M. A.; DIAS, L. A. dos S.; SIQUEIRA, P. R. 2016. Relações hídricas e irrigação. Cacau do plantio à colheita. pp.178-199.

- SUSTENTABILIDADE, 2020. Sustentabilidade na Agricultura: como a agricultura sustentável pode ajudar o mundo. Tecnologia no Campo. Disponível em: <https://tecnologianocampo.com.br/sustentabilidade-na-agricultura/> Acesso em: 15 out. 2020.
- TREVISAN, O. et al. 2012. Manejo integrado das pragas do cacaueteiro da região Amazônica. In: Valle, R. R. M. Ciência, Tecnologia e Manejo do Cacaueteiro. pp.161-185.
-

O SISTEMA AGROFLORESTAL COM FOCO EM ÁGUA (SAAF): UMA NOVA ABORDAGEM PARA A CONSERVAÇÃO PRODUTIVA E A SEGURANÇA HÍDRICA

**Danusa Oliveira Campos¹, Dan Érico Lobão^{2,3}, Lindolfo Pereira Santos Filho²
Jacques Hubert Charles Delabie^{2,3}**

¹Universidade Federal do Sul da Bahia (UFSB), CFCAF - Ilhéus, BA, Brasil. danusa.campos@ufsb.edu.br. ²Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (CEPLAC), CEPEC - Km 22, rodovia Ilhéus-Itabuna (BR-415), Ilhéus, BA, Brasil. lobao.dan@gmail.com; lindolfoceplac@gmail.com; jacques.delabie@gmail.com. ³Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC), DCAA. Ilhéus, BA, Brasil.

“A água doce é essencial para a maioria das atividades humanas, além de ser vital para a saúde dos ecossistemas e da biodiversidade. Contudo, o acesso facilitado a esse recurso, em quantidade e qualidade adequadas, é restrito e vem diminuindo rapidamente, em decorrência da superdemanda, da má gestão e dos efeitos da tripla crise: mudanças climáticas, perda de biodiversidade e poluição. Nesse contexto, a humanidade se depara com riscos crescentes de escassez hídrica, o que torna imperativa a adoção de uma abordagem inovadora para a gestão e o reuso desse recurso tão valioso” (United Nations Environment Programme, 2024).

A crise hídrica representa um dos maiores desafios contemporâneos para a segurança alimentar e a resiliência climática. Apesar de seu papel crucial, a gestão da água é frequentemente negligenciada em sistemas agroflorestais (SAFs), que se focam principalmente na fixação de carbono e na biodiversidade. Essa lacuna se torna evidente na Região Cacaueira do Sul da Bahia, onde a degradação das paisagens resultou em uma redução da capacidade ambiental de produção de água (CAPA), afetando drasticamente a produtividade agrícola. Este estudo propõe uma mudança de paradigma: o Sistema Agroflorestal com Foco em Água (SAAF), uma evolução dos SAF tradicionais. O SAAF reposiciona a produção de água como um objetivo superior, integrando-a ao planejamento e à gestão do sistema. Utilizando a metodologia de zoneamento geohidroecológico e dados de campo da Região Cacaueira, o trabalho demonstra que o sistema SAAF permite mapear zonas críticas, quantificar a capacidade hídrica e otimizar práticas de manejo para restaurar as funções hidrológicas da paisagem. Os resultados indicam que uma política pública voltada à conservação produtiva é capaz de garantir a segurança hídrica, promover a resiliência do bioma e assegurar a sustentabilidade da produção agrícola. A proposta do SAAF alinha-se aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU e posiciona a Região Cacaueira como um laboratório de soluções para desafios globais de escassez hídrica.

Palavras-chave: Produção de água, sistema agroflorestal, crise hídrica.

The Water-Focused Agroforestry System (WFAS): A new approach to productive conservation and water security. The water crisis represents one of the greatest contemporary challenges for food security and climate resilience. Despite its crucial role, water management is often neglected in agroforestry systems (AFSs), which focus primarily on carbon sequestration and biodiversity. This gap is evident in the Southern Bahia Cocoa Region, where landscape degradation has resulted in a reduction in environmental water production capacity (EWPC), drastically affecting agricultural productivity. This study proposes a paradigm shift: the Water-Focused Agroforestry System (WFAS), an evolution of traditional AFSs. The WFS repositions water production as a paramount objective, integrating it into system planning and management. Using geohydroecological zoning methodology and field data from the Cocoa Region, the study demonstrates that the WFAS system allows for mapping critical zones, quantifying water capacity, and optimizing management practices to restore the landscape's hydrological functions. The results indicate that a public policy focused on productive conservation can guarantee water security, promote the biome's resilience, and ensure the sustainability of agricultural production. The WFAS proposal aligns with the UN Sustainable Development Goals (SDGs) and positions the Cocoa Region as a laboratory for solutions to global water scarcity challenges.

Key words: Water production, agroforestry system, water crisis.

Introdução

Entre os diversos serviços ecossistêmicos, as florestas tropicais desempenham um papel crucial no equilíbrio do clima global, especialmente na regulação dos recursos hídricos (Sun et al., 2023). No sentido amplo, incluem-se os sistemas agroflorestais (SAF) com destaque para o SAF cabruca (RIO+20 – 9ª Premissa do Governo Brasileiro). A conversão de áreas florestais para diferentes usos do solo é um dos principais fatores que alteram a dinâmica das paisagens, resultando em modificações significativas nas condições climáticas, hidrológicas, biogeoquímicas e ecológicas, com um especial impacto na conservação da biodiversidade (Schielein; Börner, 2018; Zhao et al., 2024). Estudos desenvolvidos em diversos países das regiões tropicais do planeta (Wagner et al., 2019; Souza et al., 2022; Dutra; Elmiro; Ribeiro, 2022) destacaram a interferência direta dessa conversão nos serviços ecossistêmicos, evidenciando suas relevantes implicações nos aspectos socioeconômicos.

A reconfiguração do uso e cobertura do solo, intensificada nos dias atuais, tem levado à conversão de vastas áreas de florestas em todo o mundo para fins agrícolas, de urbanização e outros usos (Ellison, 2012; Li et al., 2017; López-ramírez, 2020; Hou et al., 2023). Essa alteração na cobertura de vegetação nativa impacta negativamente de maneira direta os serviços ecossistêmicos hidrológicos, uma vez que modifica processos fundamentais do ciclo da água, como a evapotranspiração, a infiltração de água no solo, os regimes de escoamento e a recarga dos aquíferos e canais fluviais, por meio das complexas relações entre os diferentes elementos que compõem a paisagem (Santos, 2007; Souza, 2020; Dutra; Elmiro; Ribeiro, 2022; Santos; Campos, 2024).

O termo paisagem, entendida como um sistema dinâmico moldado pela interação entre elementos naturais e ações humanas (Mateo, 2000), é a unidade-chave para analisar a produção de água. Sua estrutura - definida pelo uso do solo, cobertura vegetal, relevo, geologia, solo, clima e processos hidrológicos - determina diretamente a capacidade de um território de garantir segurança hídrica e sustentabilidade agroflorestral. No entanto, ao examinar propostas de SAFs e projetos de recomposição florestal, percebe-se uma lacuna crítica: a gestão da água é apenas

referenciada, mas não recebe a devida importância como elemento central. Essa abordagem, que prioriza a fixação de carbono e a biodiversidade de forma isolada, não garantirá, em longo prazo, a resiliência necessária, já que a saúde de um ecossistema depende intrinsecamente de um lençol freático saudável, algo que tem sido comprometido por um manejo inadequado do solo.

A água doce, vital para a vida e as atividades humanas, é um recurso cada vez mais escasso devido à “superdemanda, má gestão e aos efeitos da tripla crise: mudanças climáticas, perda de biodiversidade e poluição” (United Nations Environment Programme, 2024). Essa realidade é grave no Brasil: 37,8% da água tratada na zona urbana é perdida (Tunes, 2025), problema igualmente crítico, ou até maior, na zona rural. Diante dessa falha de planejamento, este estudo tem por objetivo apresentar uma base técnico-científica robusta para uma mudança de paradigma: colocar o elemento água como o componente primordial no planejamento de recuperação de áreas e, de forma pioneira, em sistemas agroflorestais.

Em resposta a essa urgência mundial e nacional, este estudo instrumentaliza o SAF com a água, evoluindo-o para o SAAF. Ao integrar a gestão hídrica como elemento central, o SAAF oferece, sem desmerecer a produtividade, uma nova abordagem para a sustentabilidade e a resiliência hídrica em paisagens produtivas, refletindo o conceito de que a conservação produtiva também é medida pela sua capacidade de gerar serviços hidrológicos essenciais.

A Produção de Água como Base para Sistemas Integrados

A água deve ser compreendida não apenas como um insumo, mas como o resultado de um planejamento sistêmico, onde a “produção” hídrica é o objetivo superior. A “Produção de Água” (Campos, 2014) refere-se à capacidade de uma paisagem em regular o ciclo hidrológico, integrando processos de captação, armazenamento e liberação de água. Essa métrica, fundamental para bacias hidrográficas, depende diretamente da estrutura da paisagem, incluindo a cobertura vegetal, o tipo de solo, geologia, clima, relevo e o uso antrópico. Ela, por sua vez, determina a

disponibilidade hídrica tanto para ecossistemas quanto para as atividades humanas.

Dessa forma, a análise da capacidade ambiental de produção de água sob a perspectiva da paisagem - levando em conta as complexas inter-relações entre seus elementos - possibilita uma compreensão mais abrangente do que as abordagens tradicionais concentradas apenas em componentes isolados do ciclo hidrológico. Essa abordagem convida a investigar como a interação entre os diferentes fatores biofísicos e as atividades humanas molda a capacidade hídrica de uma região. Além disso, enfatiza a importância de se entender e gerenciar a água por meio de uma metodologia sistêmica e holística, reconhecendo que a capacidade ambiental de produção de água (CAPA) e sua disponibilidade estão intrinsecamente ligadas às características e à dinâmica do ambiente (tanto em termos de estrutura quanto de funcionamento) em que se inserem, moldadas pelas ações humanas (Campos, 2014).

Nesse âmbito de estudo, Campos (2014) propõe uma abordagem integrada baseada em análise multicritério, apoiada por técnicas de sensoriamento remoto, com o objetivo de diagnosticar e planejar o uso do território. Adicionalmente, a perspectiva dos Serviços Ecossistêmicos Hidrológicos (SEH) enriquece essa análise ao contextualizar a capacidade ambiental de produção de água como um dos diversos benefícios que os ecossistemas saudáveis proporcionam à sociedade. Essa abordagem reforça a necessidade de posicionar a água como a base sobre a qual os demais serviços ecossistêmicos são construídos, a fim de garantir a segurança hídrica, proporcionar a resiliência dos remanescentes florestais do bioma e promover a segurança alimentar e o bem-estar humano.

Especificamente, em relação ao SAF cacauero, um dos grandes desafios é desmitificar a função do componente arbóreo apenas como árvore de sombra, pois muito além da sombra, ele proporciona conforto térmico e ambiental ao cacauero e, concomitantemente, gera SEH (Lobão et al., 2018). A estrutura e a funcionalidade da paisagem, influenciadas tanto por fatores naturais quanto pela ocupação do solo, determinam de maneira direta a capacidade de um ecossistema ou bacia hidrográfica em fornecer esses serviços e ativos de forma sustentável e de alta qualidade (Santos, 2007; Curvelo

et al., 2009; Campos et al., 2018; Campos; Delabie, 2023; Santos; Campos, 2024).

Uma paisagem com alta CAPA, caracterizada por uma cobertura vegetal bem preservada, solos saudáveis e práticas de manejo adequadas, tende a proporcionar serviços ecossistêmicos de excelência: maior provisão de água limpa, melhor regulação contra cheias e secas, e menor erosão (Campos, 2014). Ao contrário, paisagens degradadas, com baixa CAPA, comprometem significativamente a oferta dos serviços ecossistêmicos, gerando elevados custos sociais e econômicos, como a necessidade de tratamentos de água mais onerosos, prejuízos por inundações e perda de solo fértil (Campos et al., 2018; Campos; Delabie, 2023).

O conhecimento proveniente da avaliação da CAPA, em conjunto com a perspectiva dos serviços ecossistêmicos hidrológicos, oferece subsídios valiosos para um planejamento territorial e uma gestão mais eficaz e sustentável das bacias hidrográficas. Em sua essência, o sistema SAAF aqui proposto representa uma nova abordagem que valoriza a conservação produtiva que o sistema cabruca evidenciou, reconhecendo a interdependência entre a produtividade agrícola, a saúde dos ecossistemas e a disponibilidade de recursos hídricos de modo a garantir a sustentabilidade dos agroecossistemas, bem como dos remanescentes florestais atlânticos.

Crise Hídrica e degradação na Região Cacaueira

Ter por princípio o conceito de produção de água é fundamentado em pesquisas acadêmicas desenvolvidas no Sul da Bahia, região de grande importância hídrica e socioambiental. Campos (2014) propôs a metodologia do Zoneamento Geohidroelocógico com base na CAPA. Outros estudos foram realizados no Estado da Bahia: Campos e Delabie (2023) investigaram a produção de água na Região Cacaueira da Bahia e seu impacto da crise da lavoura no município de Itororó; e Santos & Campos (2024) aplicaram a metodologia na Bacia Hidrográfica do Rio Salgado. Esses estudos oferecem uma visão abrangente sobre como a capacidade de produção de água pode ser avaliada e utilizada como

ferramenta para a gestão integrada e sustentável dos recursos hídricos.

A Bacia Hidrográfica do Rio Almada (BHRA), localizada no Sul da Bahia, foi utilizada como área piloto para a aplicação e validação da metodologia do Zoneamento Geohidroecológico (ZGE). Esta metodologia, ao empregar análise multicritério e simulação hidrológica, oferece uma abordagem robusta para a compartimentação ambiental de bacias hidrográficas, com foco específico na capacidade de produção de água. Um aspecto central do ZGE é a proposição de dois conceitos-chave: a Capacidade Natural de Produção de Água (CNPA) e a Capacidade Ambiental de Produção de Água (CAPA) (Figuras 1 e 2).

Neste caso particular da BHRA, a ação antrópica intensa alterou significativamente a produção de água das paisagens dessa bacia ao longo do tempo. Ao confrontar os dados de CNPA e de CAPA, Campos

(2014) observou que houve uma perda de 90 % da classe de CNPA Muito Alta. A classe Alta, que originalmente possuía a maior área, apresentou redução drástica de 67 %. A classe média de CAPA tornou-se a mais representativa (73%) revelando uma mudança significativa. Este dado indica degradação do ambiente, que pode repercutir negativamente na qualidade e na quantidade da água, dos ecossistemas e na produtividade.

Os estudos da CAPA na Região Cacaueira demonstram que o sistema Cabruca - quando adequadamente manejado - mantém a capacidade de produção de água observada em florestas primárias, destacando seu potencial como solução baseada no meio natural. Campos e Delabie (2023) mapearam a capacidade ambiental de produção de água das paisagens de Itororó, analisaram a dinâmica do uso e cobertura da terra (entre 1985 e 2020) e identificaram

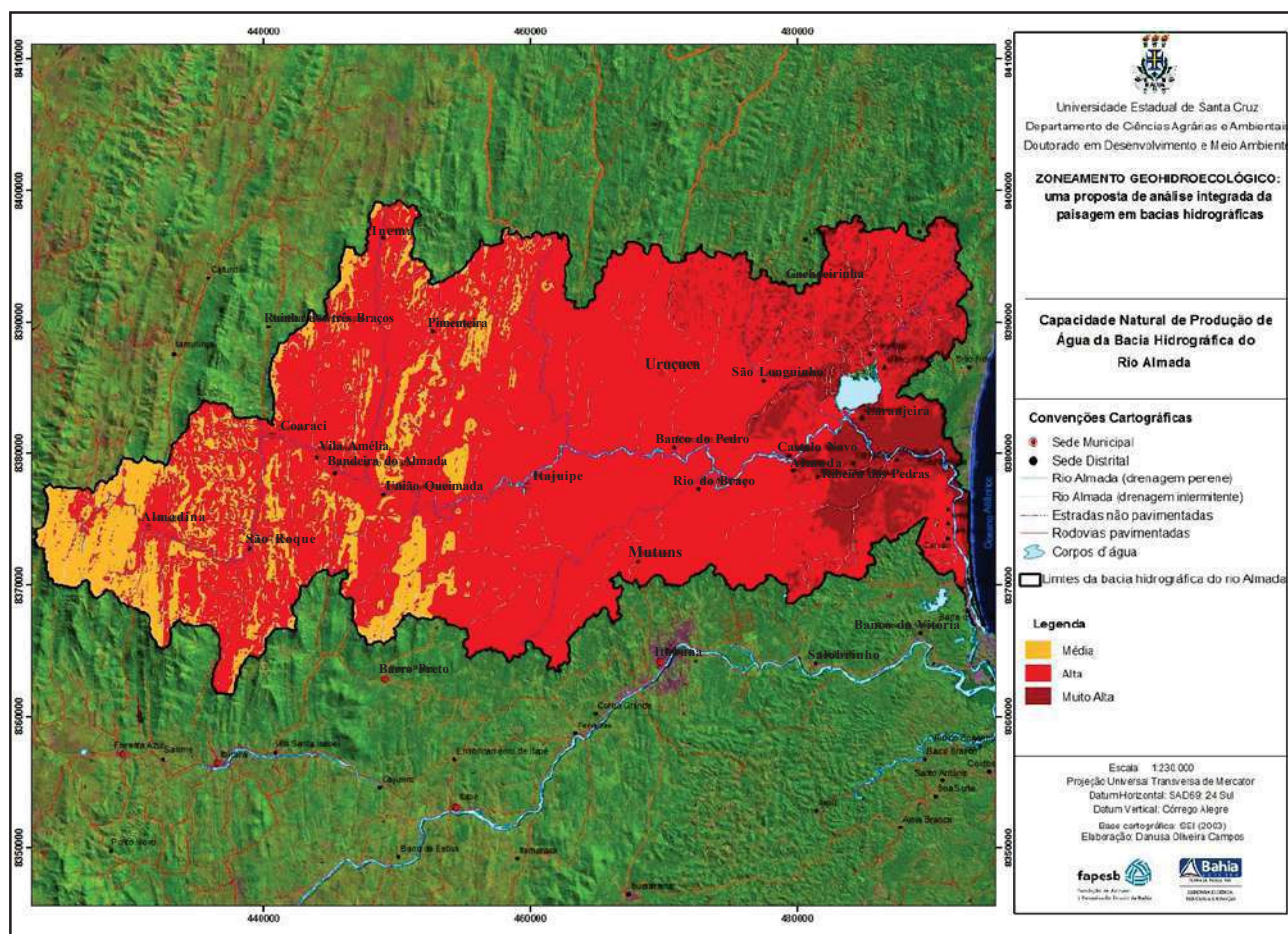


Figura 1- Capacidade Natural de Produção de Água da bacia hidrográfica do rio Almada. Fonte: Campos, 2014.

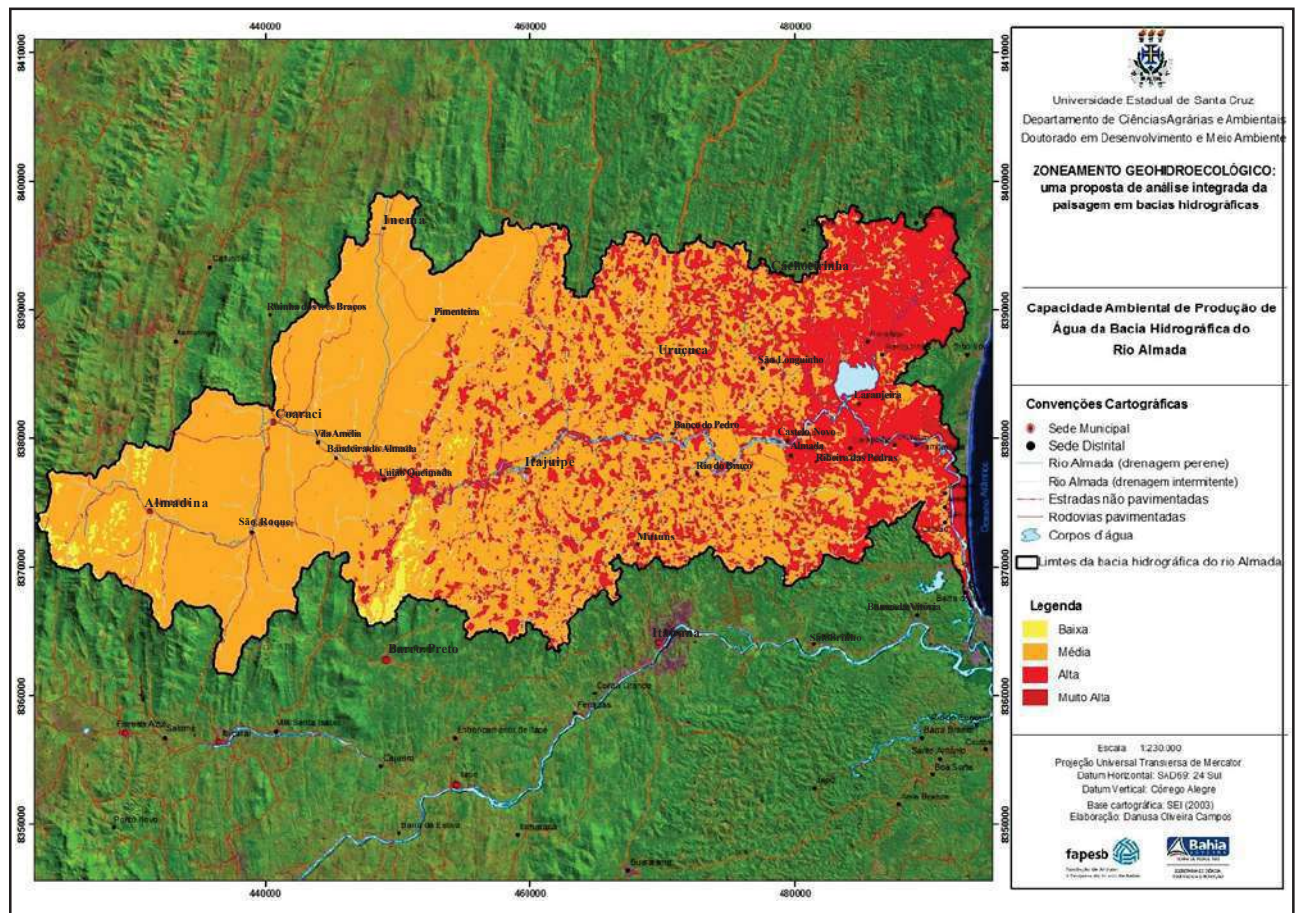


Figura 2- Capacidade Ambiental de Produção de Água da bacia hidrográfica do rio Almada. Fonte: Campos, 2014.

áreas degradadas. Correlacionando esses dados, concluíram que a redução dos corpos hídricos foi um dos principais fatores que desencadearam a crise da lavoura cacauieira neste município (Campos; Delabie, 2023) (Figuras 3 e 4).

A disponibilidade de água doce é um dos pilares para o desenvolvimento socioeconômico. Dados do Projeto MapBiomias (2023) revelam perdas drásticas: 55% dos corpos hídricos artificiais e 20% dos naturais desapareceram, agravando a crise hídrica local e impactando diretamente a agricultura. Estes dados representam uma crise hídrica local, com implicações para a segurança alimentar e o desenvolvimento sustentável da região.

No mesmo estudo, os dados de uso e cobertura da terra mostraram que, apesar do aumento da área de cobertura florestal no período considerado, as florestas apresentaram estágios de regeneração diferentes das matas preservadas, interferindo em seus serviços

ecossistêmicos hidrológicos. Esta degradação das paisagens, causada pela intervenção antrópica, foi confirmada pela CAPA. Em Itororó, a degradação das paisagens - inclusive em áreas de Cabruca - reduziu a CAPA em 32%, reclassificando-a como de média capacidade. O aumento da classe Média CAPA pode indicar uma transição para um estado de equilíbrio intermediário, onde a capacidade de produção de água é moderada e representa áreas com diferentes níveis de degradação.

Entre 2016 e 2022, todas as lavouras do município de Itororó apresentaram redução em sua produção: o cacau atingindo apenas 65% do seu nível anterior, a laranja reduziu drasticamente sua produtividade com queda de 95%, e a banana foi afetada, com perda considerável de 37%. O café e o coco-da-baía tiveram sua produção interrompida. Estes dados comprovam que, em Itororó, a água foi um fator limitante para a produtividade agrícola. A queda na produtividade

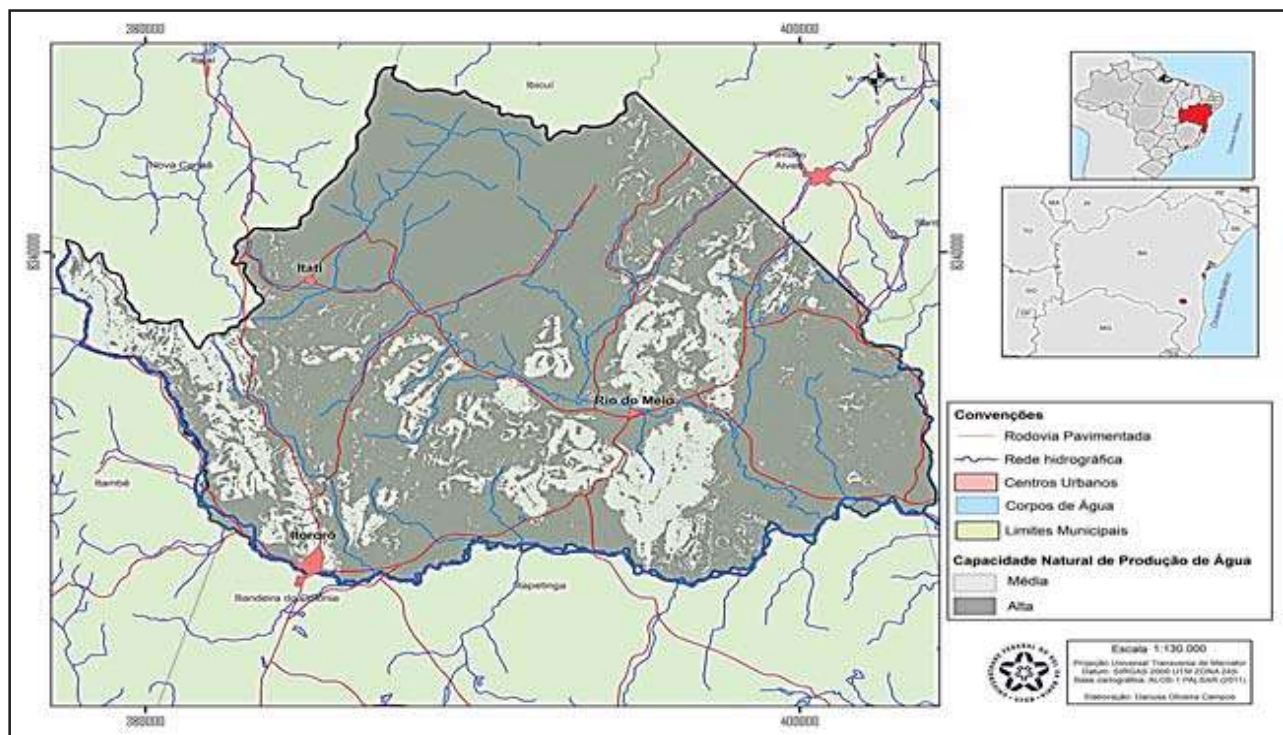


Figura 3 - Capacidade natural de produção de água de 1985 das paisagens de Itororó-Ba. Fonte: Campos e Delabie (2023).

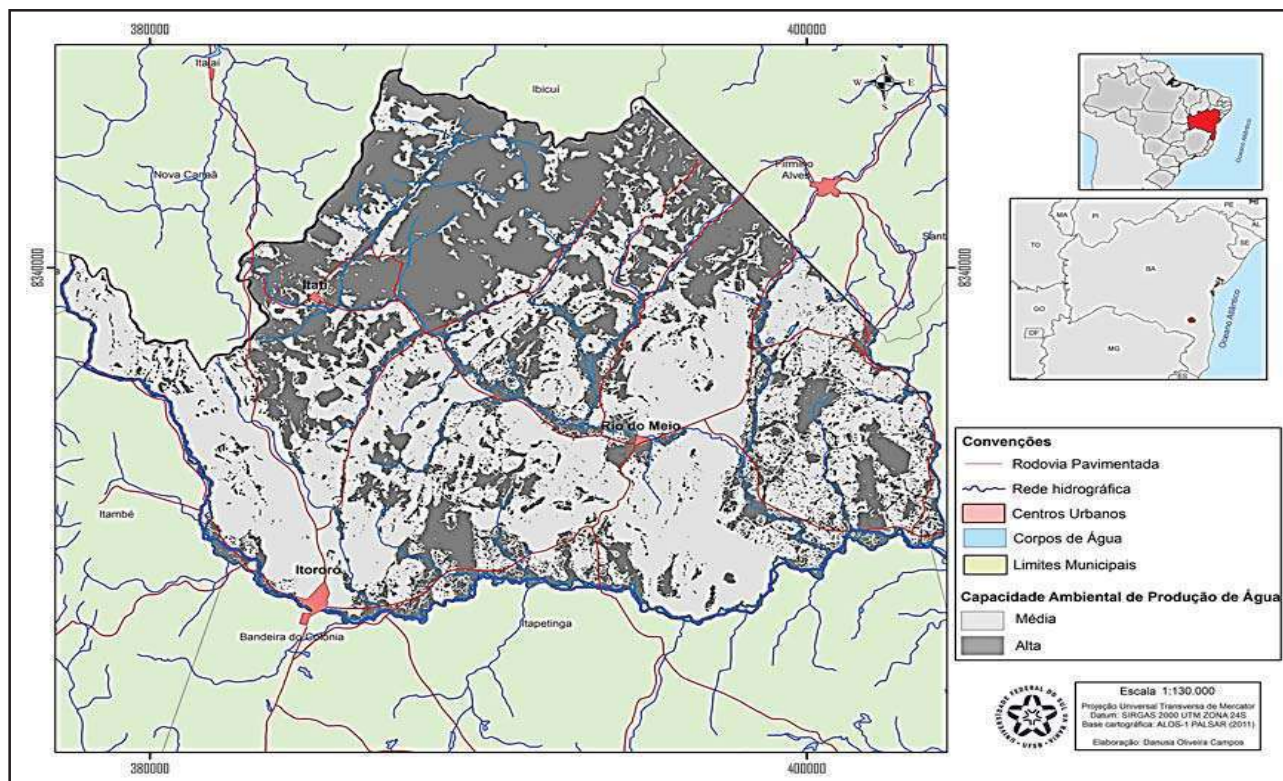


Figura 4 - Capacidade ambiental de produção de água de 2020, das paisagens de Itororó-Ba. Fonte: Campos e Delabie (2023).

agrícola pode ter diversas implicações, como a perda de renda dos produtores agrícolas, desemprego em áreas rurais e escassez de alimentos para a população mais vulnerável. A compreensão e análise da capacidade de produção de água de Itororó sugeriram estratégias inovadoras para conservação e recuperação ambiental, incluindo a conservação das áreas de floresta nativa, o reflorestamento dos 9,8 km² de Áreas de Preservação Permanente de matas ciliares que se encontram desmatadas, e a restauração produtiva de parte dos 175 km² de pastagem com viabilidade para cacauero em SAF com cacau (Campos; Delabie, 2023).

A análise da CAPA da Bacia do Rio Salgado (CAMPOS; SANTOS, 2024), localizada na mesma região, fornece mais um exemplo prático. Seguindo os mesmos procedimentos metodológicos, Santos & Campos (2024) mapearam a Capacidade Natural de Produção de Água e a Capacidade Ambiental de Produção de Água desta bacia para 2023, as quais revelaram alterações significativas em relação à CNPA

(Figuras 5 e 6). Observou-se uma redução considerável das áreas originalmente classificadas com alta capacidade natural, que passaram a ter capacidade média ou baixa devido à predominância de usos do solo particularmente impactantes, principalmente pastagens extensivas e mal manejadas. Concomitantemente, notou-se um aumento expressivo nas áreas classificadas com média capacidade ambiental e o surgimento de áreas com baixa capacidade (Santos; Campos, 2024).

A comparação entre os dados de CNPA e CAPA possibilitou a identificação de zonas prioritárias para conservação (áreas com alta e muito alta CAPA), recuperação (áreas com baixa CAPA, mas com potencial de melhoria) e manejo adequado (áreas de uso consolidado). Esses estudos demonstram que uma gestão hídrica eficiente é inseparável de uma abordagem de conservação produtiva, onde a saúde dos ecossistemas se traduz diretamente em resiliência e produtividade para a agricultura e para o bioma.

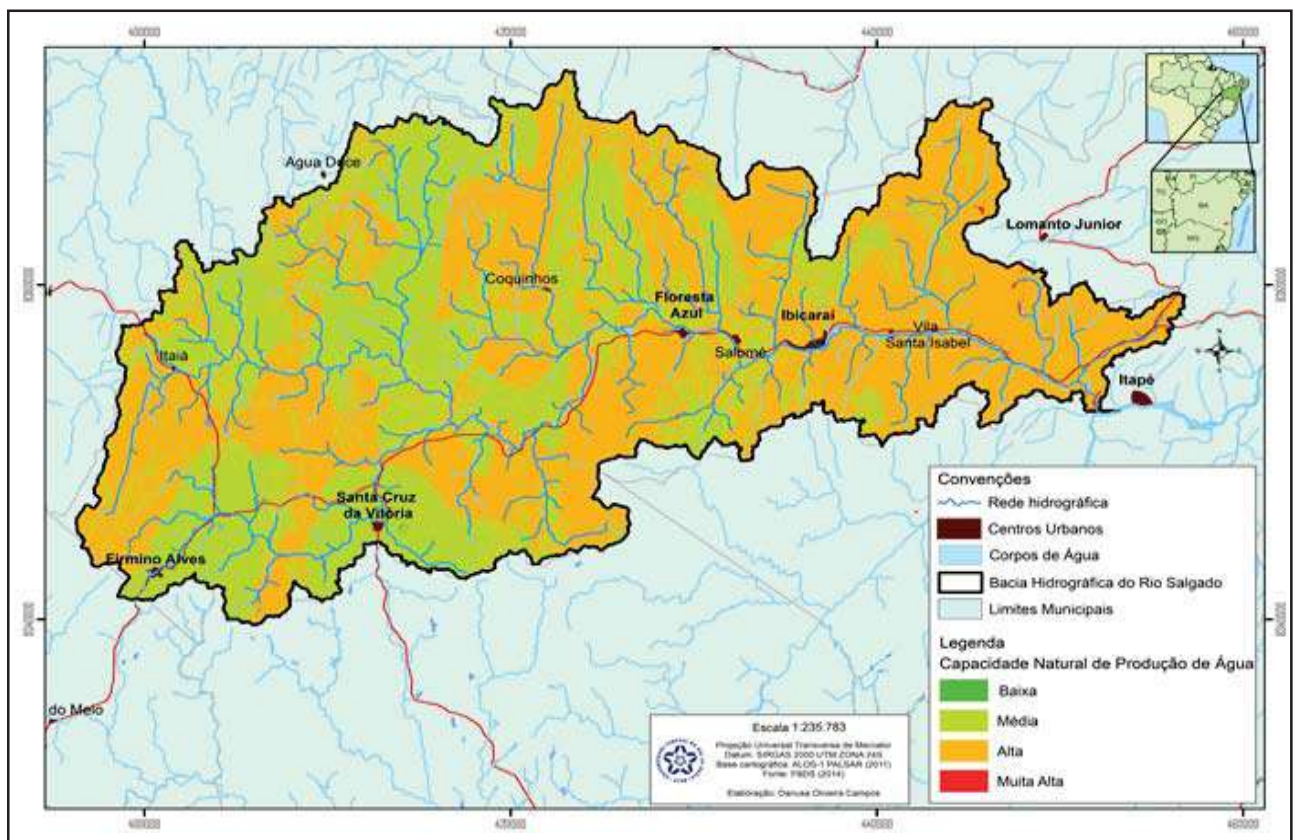


Figura 5- Capacidade natural de produção de água da BHRS. Fonte: Santos e Campos (2025).

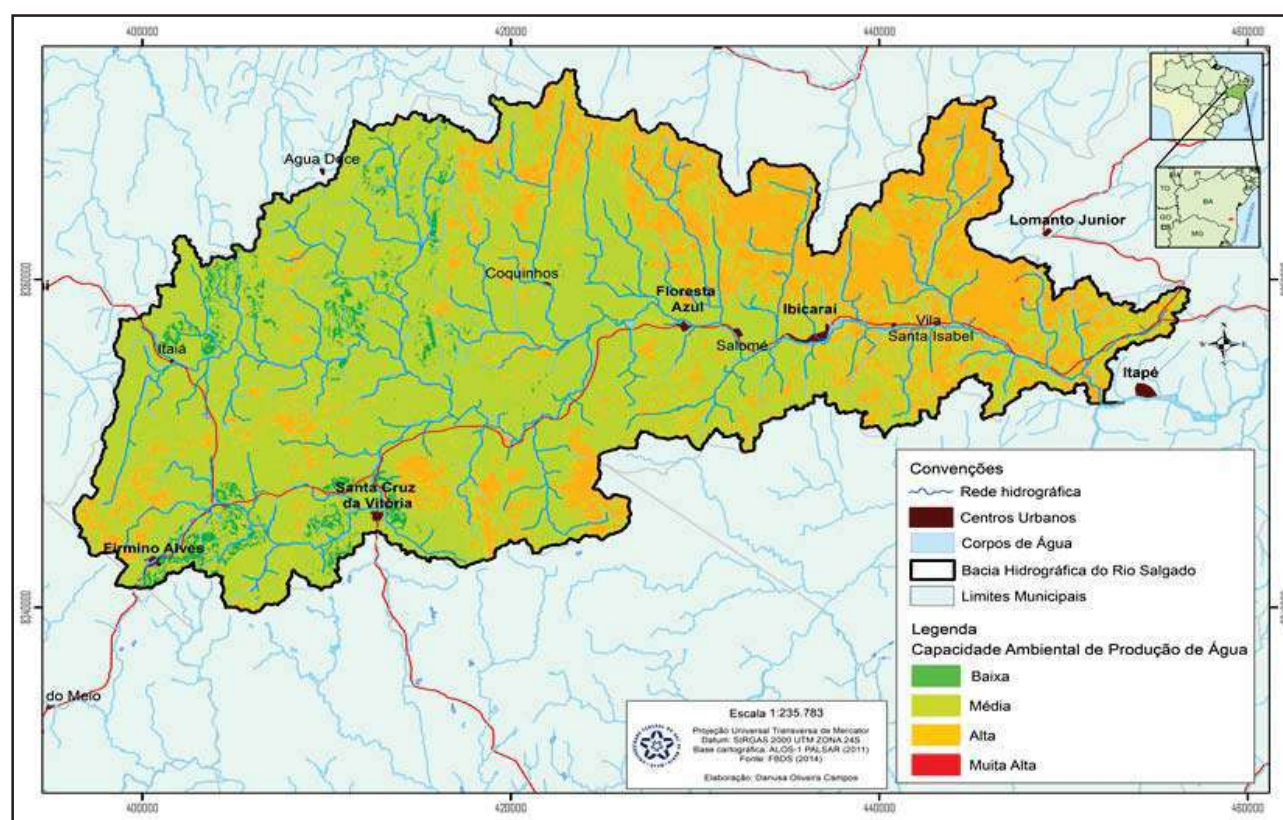


Figura 6- Capacidade ambiental de produção de água da BHRS. Fonte: Santos e Campos (2025).

Para uma política de conservação dos recursos hídricos na Região Cacaueira

Os estudos citados, realizados em diferentes localidades da Região Cacaueira da Bahia, permitem comparações e contribuem para um entendimento mais amplo da dinâmica hídrica regional e das pressões exercidas sobre os recursos hídricos. A Região Cacaueira baiana vem passando por profundas transformações, com mudanças contínuas no uso do solo que se intensificaram com a crise da lavoura cacaueira, desde os anos 1990. Esta região compreende 1/5 dos municípios do Estado da Bahia e, destes, cerca de 250.000 hectares são cultivados segundo o SAF cabruca tradicional (Setenta, 2003; Lobão, 2007; Oliveira et al., 2011).

O SAF Cabruca possui alta diversidade florística e faunística, semelhante às matas em estágio médio de regeneração (Delabie et al., 2007; Curvelo et al., 2009; Virgens, 2021), e é um importante corredor ecológico (Faria; Santos; Sampaio, 2006). Além disso, promove a conservação da natureza, a estabilidade climática, o

equilíbrio hídrico ao nível regional, abriga espécies ameaçadas, possui potencial de produção sustentável de produtos madeireiros e não madeireiros e reduz o desmatamento de remanescentes florestais (Lobão; Valeri, 2009; Lobão et al., 2012; Zugaib, 2016; Reppin, 2020; Projeto MAPBIOMAS, 2023). Adicionalmente, 59% do carbono acima do solo da Região do Sul da Bahia encontra-se na cabruca (Schroth et al., 2015).

Os estudos de caso apresentados ilustraram a aplicabilidade prática e a relevância da análise da produção de água. Os resultados dessas pesquisas forneceram subsídios concretos para a elaboração de planos de gestão, propondo zoneamentos funcionais que orientam ações de preservação, conservação, recuperação e uso específico, visando otimizar a produção de água e garantir a conservação produtiva dos recursos naturais envolvidos e a sustentabilidade ambiental na Região Cacaueira da Bahia (Setenta et al., 2012).

É imprescindível incorporar a dimensão da produção de água no planejamento e na gestão territorial. Para tanto, diversas ferramentas e abordagens podem ser

aplicadas, entre elas: zoneamentos fundamentados na produção de água (como o zoneamento geohidroecológico); ferramentas e técnicas sustentáveis empregadas em áreas identificadas para conservação e restauração ecológica; a implementação de pagamentos por serviços hidrológicos em áreas que aumentem a produção de água; a CAPA pode ainda servir como base para o monitoramento dos resultados e a definição dos pagamentos; e a adoção de práticas agrícolas sustentáveis e sistemas agroflorestais (SAF) mais sustentáveis e biodiversos, sob a égide da conservação produtiva (Setenta et al., 2005; Setenta; LObão et al., 2012).

Essas medidas convergem para uma política de conservação de recursos hídricos que não apenas protege, mas também valoriza a água como o alicerce da produtividade e resiliência. O SAAF, ao evidenciar a produção de água como um objetivo superior, eleva o conceito de conservação produtiva do sistema cabruca a uma ferramenta estratégica para enfrentar a crise hídrica e climática regional.

Limitações dos SAFs Tradicionais: A Lacuna da Gestão Hídrica

Observa-se que diversas iniciativas e projetos estão em andamento na Bahia para promover a adoção de SAFs na produção de cacau com foco na mitigação e adaptação às mudanças climáticas, mas sem a devida preocupação com a produção de água. Ressaltam-se alguns exemplos:

• **Projeto “Mitigação e Adaptação às Mudanças Climáticas em Sistemas Agroflorestais na Produção de Cacau nos Biomas Amazônia e Mata Atlântica”:** Uma parceria entre o Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA), a Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (Ceplac) e o Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura (IICA), que conta com financiamento do Fundo Verde para o Clima (GCF). O projeto visa implementar SAF com cacau para recuperar áreas degradadas e fortalecer a capacidade adaptativa das comunidades cacaueiras;

• **Plano ABC+ Bahia 2020-2030:** O plano estadual para adaptações às mudanças climáticas e à baixa emissão de carbono na agropecuária incentiva práticas sustentáveis, incluindo os SAFs;

• **Projeto GCF Cacau Brasil Agrofloresta:** Uma iniciativa que busca promover a viabilidade econômica e a qualidade do cacau produzido em SAFs na Bahia;

• **Projeto CompensAÇÃO:** Financiado pelo FIDA, este projeto visa promover a transição agroflorestal em áreas de cultivo de cacau na Bahia, beneficiando diversas famílias, incluindo agricultores familiares, comunidades quilombolas e assentados da reforma agrária.

Apesar dos avanços na promoção de SAFs para mitigação climática, os projetos atuais ignoram a gestão hídrica - uma lacuna crítica, dado o papel central da água na resiliência agroflorestal. No Brasil, a proteção das águas continentais é garantida por leis constitucionais e normas específicas sobre quantidade e qualidade hídrica (como as Áreas de Preservação Permanente e políticas de saneamento). As principais delas são:

✓ **Política Nacional do Meio Ambiente (Lei nº 6.938/1981):** Criou instrumentos como o licenciamento ambiental e o Cadastro Ambiental Rural (CAR), que promovem a proteção de recursos hídricos;

✓ **Constituição Federal (1988):** Em seu Art. 20, III define os rios como bens da União ou dos estados; o Art. 21, XIX atribui à União a competência para instituir o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH); e o Art. 225 estabelece o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, incluindo a proteção dos recursos hídricos;

✓ **Lei das Águas (Lei nº 9.433/1997):** Instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH) baseados nos princípios: a água é um bem público e limitado, há prioridade para abastecimento humano e animal em situações de escassez, e a gestão das águas é descentralizada e participativa (comitês de bacias hidrográficas);

✓ **Lei de Crimes Ambientais (Lei nº 9.605/1998):** Discorrendo sobre as punições para poluição hídrica e destruição de nascentes;

✓ **Agência Nacional de Águas (ANA) (Lei nº 9.984/2000):** É responsável pela regulação do uso da água;

✓**Resoluções do CONAMA** (Conselho Nacional do Meio Ambiente): A Resolução nº 357/2005 CONAMA estabelece padrões de qualidade da água para diferentes usos (consumo humano, irrigação, etc.) e a Resolução CONAMA nº 396/2008 que detalha as normas para proteção de águas subterrâneas (aquíferos);

✓**Política Nacional de Saneamento Básico** (Lei nº 11.445/2007): Regula o abastecimento de água potável e o tratamento de esgoto, impactando na conservação dos recursos hídricos;

✓**Código Florestal** (Lei nº 12.651/2012): Define as Áreas de Preservação Permanente (APPs), incluindo margens de rios, nascentes e veredas, com regras para sua proteção, estabelece faixas mínimas de vegetação nativa ao longo de cursos d'água.

As leis mencionadas, assim como outras normas correlatas, demonstraram ser insuficientes, uma vez que os estudos confirmam uma redução progressiva na disponibilidade hídrica nas paisagens da Região Cacaueira, bem como em todo o país. A FAO e a ONU-Água (2025) ressaltam que a retirada de mais de 25% dos recursos renováveis de água doce de um território indica diversos graus de “estresse hídrico”, comprometendo a sustentabilidade hídrica. Assim, torna-se urgente a implementação de medidas complementares para reverter esse cenário, incorporando análises, como a CAPA, às políticas públicas. A incorporação de Pagamentos por Serviços Ecossistêmicos Hidrológicos (SEH), baseando-se em métricas como o CAPA, poderia direcionar investimentos para zonas críticas, como as APPs desmatadas de Itororó, aumentando a resiliência hídrica.

O conceito de SAAF surge como a evolução necessária para superar as limitações dos SAF tradicionais. Ao elevar a gestão hídrica a um pilar central, o SAAF instrumentaliza os sistemas agroflorestais para a segurança hídrica e a resiliência climática e por conseguinte a sustentabilidade no Bioma Mata Atlântica.

Proposta SAAF: Princípios e Mecanismos de Implementação

Os Sistemas Agroflorestais (SAF), conforme definidos pela EMBRAPA (2025) e pelo SENAR (2017), são reconhecidos como modelos que integram

árvores, culturas agrícolas e pastagens em um planejamento espacial e temporal, visando à sustentabilidade e à produtividade. No entanto, a água - elemento crítico para a resiliência desses sistemas - permanece ausente tanto na sigla quanto nas diretrizes práticas. Enquanto a pesquisa enfatiza a diversidade de espécies e a recuperação de áreas degradadas, e a extensão rural prioriza o manejo intencional e a geração de renda, a gestão hídrica é tratada como uma externalidade, não como um pilar central.

Essa lacuna é evidente nos projetos atuais (como o ABC+ Bahia e o GCF Cacau Brasil), que, apesar de promoverem SAF para mitigação climática, ignoram métricas de produção e segurança hídrica. O resultado é um descompasso entre o potencial agroflorestal e a crise de escassez que afeta regiões como a Cacaueira da Bahia, onde a degradação reduziu a CAPA em 32% e eliminou 55% dos corpos hídricos (barragens), de Itororó (BA) (Campos; Delabie, 2023).

O SAAF como evolução necessária

O Sistema Agroflorestal com foco em água (SAAF) propõe uma reestruturação conceitual e prática, articulando três eixos:

●**Planejamento territorial baseado na CAPA:** Identificação de bacias prioritárias para restauração, com zoneamento que vincule a capacidade de produção de água aos arranjos agroflorestais;

●**Práticas otimizadas para ciclos hidrológicos:** Adoção de técnicas como cordões de contorno, barraginhas e espécies vegetais com alta taxa de infiltração, aliadas aos SAFs tradicionais;

●**Pagamento por Serviços Hidrológicos (PSH):** Mecanismos financeiros que remunerem produtores por métricas comprovadas de aumento na CAPA, utilizando dados como os do Zoneamento Geohidroecológico.

A Região Cacaueira, com seu histórico de cabrucas e pressões hídricas crescentes, é o território ideal para pilotar o SAAF. Seu sucesso exigirá:

●**Inserção da CAPA nas políticas de crédito rural** (ex.: linha verde do BNDES para SAFs com comprovada melhoria hídrica);

●**Protocolos de monitoramento** que vinculem a produtividade agrícola a indicadores de recarga de aquíferos;

●**Campanhas de sensibilização** que reposicionem a água como um ativo econômico, não apenas ecológico.

A proposta do SIAAF alinha-se diretamente com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU, em especial (Tabela 1):

●**ODS 2 (Fome Zero e Agricultura Sustentável)**, ao promover a segurança alimentar e agricultura resiliente e sustentável, mantendo a produtividade do cacau sem degradar o solo;

●**ODS 6 (Água Limpa e Saneamento)**, ao garantir a gestão hídrica sustentável em paisagens produtivas por meio da proteção de nascentes e rios pela cobertura florestal;

●**ODS 8 (Trabalho Decente e Crescimento Econômico)**, ao gerar renda para agricultores familiares e comunidades rurais de forma sustentável;

●**ODS 12 (Consumo e Produção Responsáveis)**, ao incentivar práticas agrícolas sustentáveis e o comércio justo do cacau, reduzindo impactos ambientais;

●**ODS 13 (Ação Climática)**, ao integrar agroflorestas à adaptação às secas, sequestrar e estocar carbono por meio da preservação de árvores nativas, ajudando no combate às mudanças climáticas;

●**ODS 15 (Vida Terrestre)**, ao conservar a biodiversidade da Mata Atlântica.

Além disso, o mecanismo de PSH do SAAF dialoga com acordos como a Década da Restauração de Ecossistemas (2021-2030) e a Convenção de Combate à Desertificação, oferecendo um modelo mensurável para financiamentos verdes. O SAAF, ao propor a produção de água como um objetivo superior, eleva a conservação produtiva do sistema

Tabela 1. SAF Tradicional vs. SAAF - uma comparação estrutural.

Componente	SAF Tradicional	SAAF (Sistema Agroflorestal com Foco em Água)	Impacto Potencial
Foco Principal	Integração árvores + cultivos + animais	Água + árvores + cultivos + animais	Reorienta o paradigma de manejo, posicionando a água como o pilar central para a resiliência e a produtividade das paisagens.
Métrica de Sucesso	Produtividade agrícola, estoque de carbono	CAPA (Capacidade Ambiental de Produção de Água), produtividade integrada	Vincula de forma mensurável o sucesso econômico à saúde hidrológica, comprovando a viabilidade do modelo.
Práticas-Chave	Adensamento de espécies, manejo orgânico	Barraginhas, cordões de contorno, espécies de alta infiltração + SAF tradicional	Reduz a erosão, maximiza a infiltração de água no solo e recarrega os aquíferos, mitigando os efeitos das secas.
Mecanismos de Incentivo	Pagamento por carbono (ex.: REDD+)	Pagamento por Serviços Hidrológicos (PSH) baseado em CAPA	Atrai investimentos para bacias críticas, valorizando a água como um ativo econômico e não apenas ecológico.
Aplicabilidade	Biomass tropicais (ex.: Mata Atlântica)	Biomass com crise hídrica (ex.: cerrado, Chaco, savanas africanas)	Permite a adaptação do modelo a contextos de escassez hídrica, tornando-o uma solução replicável globalmente.
Alinhamento Global	ODS 15 (Vida terrestre)	ODS 2 (Fome zero e agricultura sustentável) + ODS 6 (Água potável + ODS 12 (Consumo e produção responsáveis) + ODS 13 (Ação climática) + ODS 15 (Vida terrestre)	Demonstra a contribuição multifacetada do SAAF para a Agenda 2030, atendendo a desafios interconectados de forma sistêmica.

cabruca a uma metodologia estratégica para solucionar a crise hídrica e climática. Ao adotar esse sistema, a Região Cacaueira posiciona-se não apenas como solução local, mas também como laboratório para desafios globais.

Considerações Finais

O modelo Sistemas Agroflorestais tradicional (SAF) foca na sustentabilidade ecossistêmica e produtividade, entretanto, não considera elemento crítico para a sua resiliência, a água. Enquanto a pesquisa enfatiza a diversidade de espécies e a recuperação de áreas degradadas, e a extensão rural prioriza o manejo intencional e a geração de renda, a gestão hídrica é tratada como uma externalidade, não como um pilar central.

A água não pode ser negligenciada ao analisar a sustentabilidade de um território, e o SAAF não surge como uma ruptura, mas sim, como um amadurecimento dos SAFs.

Representa a evolução necessária para que a agricultura tropical, e em especial, o cultivo do cacaueiro, possa garantir sua resiliência frente aos desafios impostos pela crise hídrica e climática. Ao tornar a água mais visível - na sigla, no planejamento e nos incentivos, ela oferece um caminho replicável para conciliar a produção agrícola e a segurança hídrica.

A compreensão da produção de água de uma paisagem transcende a mera contabilidade de volumes hídricos. Trata-se de uma análise sistêmica que integra paisagem, ecologia e sociedade, fornecendo uma base robusta para a tomada de decisão na gestão territorial voltada para a sustentabilidade hídrica, conservação dos ecossistemas e produtividade.

A Região Cacaueira da Bahia, com sua tradição em cabucas e crise hídrica iminente, pode ser pioneira nesse modelo, servindo como referência para outras paisagens tropicais onde, agroflorestas e escassez de água possam coexistir. Ao adotar a produção de água como seu objetivo superior, o SAAF eleva o sistema da conservação produtiva do cacau-cabruca a uma metodologia estratégica para solucionar desafios locais e se posiciona como um laboratório para desafios globais.

A adoção de tais abordagens é crucial para enfrentar os desafios crescentes relacionados à água, promovendo o uso racional dos recursos, a

conservação dos ecossistemas aquáticos e a construção de um futuro com maior segurança hídrica para todos. A continuidade das pesquisas em andamento e a implementação das metodologias já testadas a outros contextos são fundamentais para aprofundar nosso conhecimento e nossa capacidade de gerenciar de maneira sustentável esse recurso vital.

Literatura Citada

- CAMPOS, D. O.; DELABIE, J. H. C. 2023. Produção de água em paisagens da Região Cacaueira da Bahia no contexto da crise da lavoura: um estudo de caso. *Agrotrópica* 35(2,3): 117-134.
- CAMPOS, D. O.; SANTOS, J. W. B.; ASSIS, P. R. 2018. Aplicação do modelo hidrológico SMAP na determinação da produção de água em uma bacia hidrográfica costeira. *Revista Brasileira de Geografia Física* 11(1):124-138.
- CAMPOS, D. O. 2014. Zoneamento Geohidroecológico: uma Proposta de Análise Integrada da Paisagem em Bacias Hidrográficas, Ilhéus, BA. Tese Doutorado. Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, BA. 181p.
- CURVELO, K. et al. 2009. Aporte de nutrientes na serapilheira e na água do solo em cacau cabruca, floresta secundária e pastagem. *Agrotrópica* 21: 57-66.
- DUTRA, J. D.; ELMIRO, M. A. T.; RIBEIRO, S. M.C. 2022. Association between forest resources and water availability: temporal analysis of the Serra Azul stream sub-basin. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 94(3): 1-15.
- ELLISON, D.; N. FUTTER, M.; BISHOP, K. 2012. On the forest cover-water yield debate: from demand- to supply-side thinking. *Global Change Biology* 18: 806-820. Doi: 10.1111/j.1365-2486.2011.02589
- EMBRAPA. 2025. <https://www.embrapa.br/codigo-florestal/sistemas-agroflorestais-SAF>. Acessado em: 18 jun 2025.
- FARIA, D.; SOARES-SANTOS, B.; SAMPAIO, E. 2006. Morcegos da Mata Atlântica do sul da Bahia, Brasil. *Biota Neotropical* 6(2):1-13. <https://doi.org/10.1590/S1676-06032006000200022>

- HOU, Y. et al. 2023. A global synthesis of hydrological sensitivities to deforestation and forestation. *Forest Ecology and Management*, 529. 120718
- INSTITUTO ARAPYÁÚ. 2022. Pastagens com viabilidade para sistemas agroflorestais com cacau no Sul da Bahia: desenvolvimento territorial do Sul da Bahia. Uruçuca, Bahia, 42p.
- LOBÃO, D. E. 2007. Agroecossistema cacaueiro da Bahia: cacau-cabruca e fragmentos florestais na conservação de espécies arbóreas. Tese Doutorado. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - UNESP, Câmpus de Jaboticabal. Jaboticabal, SP. 108 p.
- LOBÃO, D. E.; VALERI, S. V. 2009. Sistema Cacau cabruca: conservação de espécies arbóreas da Floresta Atlântica. *Agrotrópica* 21(1):43-54.
- LOBÃO, D. E.; PINHO, L. M.; CARVALHO, D. L.; SETENTA, W. C. 1997. Cacau cabruca: um modelo sustentável de agricultura tropical. *Índícios Veementes*, São Paulo, v. 3, pp.10-24.
- LOBÃO, D. E. et al. 2012. Cacau Cabruca – sistema agrossilvicultural cacaueiro. In: Valle, R. R. (2ª Ed.). *Ciência, Tecnologia e Manejo do Cacaueiro*. Itabuna: Gráfica e Editora Vital, p.467-506.
- LOBÃO, D. E. et al. 2018. Sustentabilidade no Sistema Agrossilvicultural Cacaueiro. In: José Olímpio de Souza Júnior (Org.). *Cacau: Cultivo, Pesquisa e Inovação*. Ilhéus, BA, Editus. pp. 432-453.
- LÓPEZ-RAMÍREZ, S. M. et al. 2020. Land use change effects on catchment streamflow response in a humid tropical montane cloud forest region, central Veracruz, Mexico. *Hydrological Processes* 34(16): 3555-3570
- LI, Q. et al. 2017. Forest cover change and water yield in large forested watersheds: A global synthetic assessment. *Ecohydrology* 10(4): e1838
- MATEO, J. M. R. 1997. Planejamento ambiental: bases conceituais níveis e métodos In: Cavalcanti, A. P. B. (Org.). *Desenvolvimento Sustentável e Planejamento. Bases Teóricas e Conceituais*. Fortaleza: Imprensa Universitária Fortaleza.
- OLIVEIRA, M. A. et al. 2011. Importância do sistema agroflorestal Cabruca para a conservação florestal da Região Cacaueira, Sul da Bahia, Brasil. *Revista Geográfica de América Central* 2: 1-12.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION - FAO & ONU-Água. 2025. Progresos en el nivel de estrés hídrico: Situación a mitad de período del Indicador 6.4.2 de los ODS y necesidades de aceleración, con especial atención a la seguridad alimentaria, 2024. FAO, Roma. <https://doi.org/10.4060/cd2179es>
- PROJETO MAPBIOMAS. 2023. Mapeamento da Superfície de Água do Brasil Coleção 2. <https://plataforma.brasil.mapbiomas.org/agua>.
- REPPIN, S. et al. 2020. Contribution of agroforestry to climate change mitigation and livelihoods in Western Kenya. *Agroforest Syst*, 94:203–220
- SANTOS, K. C. B. 2007. Influência da serapilheira na água do solo na bacia hidrográfica do rio Salomé-Sul da Bahia. Dissertação Mestrado. UESC, Ilhéus - Bahia. 76 p.
- SANTOS, K. C.; CAMPOS, D. O. 2024. Capacidade de produção de água da Bacia Hidrográfica do Rio Salgado, sul da Bahia. *Ciência Geográfica* 28(2): 361-381.
- SANTOS, L. R.; FARIA, D.; FIGUEIREDO, M.; ASSAD, E.; ESTEVAM, C. 2021. Levantamento dos dados da flora das cabucas e estimativa de estoque de carbono utilizando a ferramenta GHG Protocol. Instituto Arapyáú, Uruçuca, 38p.
- SCHIELEIN, J.; BÖRNER, J. 2018. Recent transformations of land-use and land-cover dynamics across different deforestation frontiers in the Brazilian Amazon. *Land Use Policy* 76: 81-94.
- SCHROTH, G. et al. 2015. Contribution of agroforestry to landscape carbon storage. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 20:1175-1190.
- SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM RURAL - SENAR. 2017. Sistemas Agroflorestais (SAFs): conceitos e práticas para implantação no bioma amazônico/ Serviço Nacional de Aprendizagem Rural (SENAR). Coleção SENAR 199. 1.ed. Brasília, DF. SENAR. 140 p.
- SETENTA, W. C. 2003. Sistema cacau-cabruca: conservação produtiva na Mata Atlântica do Sul

- da Bahia. 2003. Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente. Dissertação Mestrado. Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC), Ilhéus, BA.
- SETENTA, W.; LOBÃO, D. E. 2012. Conservação Produtiva - Cacau por mais 250 anos. Itabuna (BA). 190 p. CDD 633.74
- SETENTA, W. C.; LOBÃO, D. E.; SANTOS, E. S.; VALLE, R. R. 2005. Avaliação do sistema cacau-cabruca e de um fragmento de Mata Atlântica. 40 Anos do Curso de Economia: Memória. Editus. Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC), Ilhéus, BA. p. 605-628.
- SOUZA, V. A. S. et al. 2022. Dinâmica da conversão de floresta e tendências climáticas na bacia do rio Madeira. *Ciência Florestal* 32: 2007-2034.
- SOUZA, N. C. 2020. Dinâmica do uso e ocupação da terra associada ao crescimento de processos erosivos lineares e aos aspectos sociodemográficos e físico-estruturais. Tese Doutorado. UFSC, São Carlos, SP.
- SUN, G. et al. 2023. Forest hydrology modeling tools for watershed management: A review. *Forest Ecology and Management* 530(15): 120755.
- TUNES, S. 2025. Caça ao Desperdício. *Revista Pesquisa FAPESP: Inovação & Empresas*, n. 353, p.70-73. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/caca-ao-desperdicio>
- UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME 2024. Water as a Circular Economy Resource - Foresight Brief No. 033. <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/44782>.
- VIRGENS, W. 2021. Florística, fitogeografia e conservação na Mata Atlântica: uma experiência nas cabruças do assentamento Pau-brasil, extremo sul da Bahia. Dissertação Mestrado. UFBA, Salvador - BA.
- WAGNER, P. D. et al. 2019. Comparing the effects of dynamic versus static representations of land use change in hydrologic impact assessments. *Environmental Modelling & Software* 122: 103987.
- ZHAO, K. et al. 2024. Analysis of temporal variation characteristics in water resources in typical ecosystems of the Genhe River Basin. *Global Change Biology* 7:1345207. Doi: 10.3389/ffgc.2024.1345207
- ZUGAIB, A. C. C.; LOBÃO, D. D.; PAULA, F. C. F.; CUNHA, M. C. 2016. Valoração ambiental do Sistema Cacau Cabruca para efeito de crédito rural em Barro Preto, Bahia. Ilhéus, BA, CEPLAC/CEPEC. Boletim Técnico nº 208. 48p.

ON FARM SELECTION FOR WITCHES' BROOM RESISTANCE IN BAHIA, BRAZIL- A HISTORICAL RETROSPECTIVE

Uilson Vanderlei Lopes, Wilson Reis Monteiro, José Luis Pires, José Bezerra da Rocha and Luiz Roberto Martins Pinto

CEPLAC/CEPEC/SEGEN, Caixa Postal 07, km 22, Rod. Ilhéus-Itabuna, 45600-970, Itabuna, Bahia, Brazil.

Witches' broom, caused by *Crinipellis perniciosa*, was introduced in Bahia in 1989, causing severe economical, social and ecological losses. Since the beginning, resistance was chosen as one of the key points of the integrated pest management adopted by the Cacao Research Center (CEPEC). Unfortunately, by the time witches' broom was arrived in Bahia, around 600 thousands hectares were planted as a continuous monoculture, mostly with susceptible cacao varieties. Fortunately, among the varieties deployed to farmers in the past, some resistant were included and so there was a chance of finding resistant segregant plants on a large screening program. Today, 14 years after the beginning of the program, more than one thousand trees were pre-selected by CEPEC and more than five thousands pre-selected by farmers. Among these, highly productive and resistant clones have been found. In this paper, we report the strategies adopted, the results and some drawbacks on that program.

Key words: Participatory Breeding, *Theobroma cacao*, *Crinipellis perniciosa*, disease resistance.

Seleção de cacaueiros resistentes à vassoura-de-bruxa em fazendas na Bahia, Brasil - uma retrospectiva histórica. A vassoura-de-bruxa, causada pelo fungo *Crinipellis perniciosa*, foi introduzida na Bahia em 1989, causando severas perdas econômicas, sociais e ecológicas. Desde o início, resistência foi escolhida como um importante aspecto do manejo integrado da doença adotado pelo Centro de Pesquisas do Cacao (CEPEC). Infelizmente, quando a vassoura-de-bruxa chegou à Bahia, em torno de 600 mil hectares estavam plantados como uma monocultura contínua, na sua maioria com variedades suscetíveis de cacau. Felizmente, dentre as variedades distribuídas aos fazendeiros no passado, algumas com resistência foram incluídas e, portanto, havia chance de encontrar plantas segregantes com resistência, num programa de seleção de grande escala. Hoje, 14 anos após o início do programa, mais de mil plantas foram pré-selecionadas pelo CEPEC e mais de cinco mil pré-selecionadas pelos produtores. Entre estas, clones resistentes e altamente produtivos foram encontrados. Neste artigo, descreve-se as estratégias adotadas, os resultados e alguns problemas daquele programa.

Palavras-chave: Melhoramento Participativo, *Theobroma cacao*, *Crinipellis perniciosa*, resistência a doença.

Introduction

The main cocoa production area in Brazil is the southeast of Bahia State, which responds for approximately 80% of the national production. The cocoa populations cultivated in this region are constituted basically by common varieties derived from the Lower Amazon (Forastero amelonado) and a mixture of hybrids between these common varieties and selections of the Upper Amazon and Trinitarios, such as Sca-6, IMC-67, UF-613, UF-667, ICS-1, ICS-6 and ICS-8.

In 1989, witches' broom disease (*Crinipellis perniciosa*) was introduced in this region (Pereira et al., 1989), causing a tremendous drop in yield. The severity of the disease was higher than in other regions due to a combination of several factors favorable to the disease, such as a continuous large area (600 thousand hectares) cultivated as a monoculture, with highly susceptible varieties and with a climate favorable to the development of the epidemics. As a result, the disease spread very rapidly, causing severe economical, social and ecological losses. Because of the drastic drop in yield, many farmers were forced to abandon their plantations, resulting in a massive migration of small farmers and laborers to the cities. Many others, to keep the farm running, relied on the economical value of the wood of the shade trees as timber, resulting in an intensive deforestation of the remnants of one of the most important Brazilian rain forests - the Atlantic forest.

Many measures of control usually adopted in other regions were tried without success. The use of resistant varieties was assumed as an effective solution. However, as the improved varieties recommended by CEPLAC on that time were all susceptible to witches' broom, there was a need of stopping their recommendation immediately. Thus, a new strategy for fast development and releasing of productive and resistant varieties to farmers had to be designed. The urgent need for these varieties requested the methods used in breeding and in delivering varieties to farmers being re-evaluated.

A participatory approach was immediately recognized for the success of the program. Participatory Plant Breeding has been widely used in many crop species (Eyzaguirre and Iwanaga, 1997) and at some extent in cacao (Esan, 2001), particularly as a strategy for the development and fast adoption of more adapted varieties.

Now, 14 years after the introduction of WB in Bahia, it is important to describe and share the experiences of Brazil on participatory approaches. This is the subject of this paper.

The participatory breeding approach

Several participatory breeding activities were adopted in Bahia, including: selection of resistant genotypes on private farms, propagation of resistant varieties, testing of varieties on farm, formation of farmers associations to facilitate the transfer of technology and multiplication of varieties.

1. On Farm Selection of Resistant Genotypes

The scarcity of clones with resistance to witches' broom in the germplasm collection and the possibility of finding resistant cacao plants in farm populations were the main reasons that justified the search for plants in farms. Besides that, in most farms the level of disease was extremely severe, allowing individual selection, what was not happening on that time in the experimental areas of CEPEC, including the germplasm collection.

1.1. VB Selections

The larger proportion of genotypes in the farm populations is represented by susceptible plants indeed. However, as some important sources of resistance to witches' broom in other countries were also used as parents of hybrids recommended in the past by CEPEC (e.g., Sca-6, Sca-12, IMC-67), the chances of finding resistant genotypes did exist, but depending on a large-scale search. Therefore the populations in plantations consisted in a large breeding population.

In Bahia, cacao trees bear almost the 12 months of the year, so these trees are visited individually several times during the year for harvesting, for many years. Therefore, individuals with superior characteristics, including resistance to diseases and pod production, are not difficult to be noted by farmers.

By 1993, many farms of the cocoa region had an extremely severe level of witches' broom. In June that year, a project was started by the first author and financed by the Bahian Government (SEAGRI-BA) aiming to select disease-free individuals in those farms where the disease was severe. The first farm chosen to start the selection process was "Fazenda Boa Sorte" or Good Luck farm owned by Mr. Aderval José de Souza, in the municipality of Pau Brasil, as suggested by CEPLAC's extension agents. In this farm the first 12 selections were made.

Before starting the search for disease-free individuals in a farm, there was a talk with the farmer and laborers, to explain the objectives of the work and to obtain information from them in order to maximize the chances of identifying resistant materials. For example, in this

first talk they were asked if they knew plants with a small amount of disease in areas with a high disease incidence/severity. After that, the person (farmer or laborer, but called here generically as farmer) and an extension agent were invited to accompany the breeder in the search of resistant plants. In this first attempt usually the farmer did not contribute much, because they were not previously stimulated to observe such type of trees and the disease was new in the region, making difficult to them to distinguish diseased from healthy plants. But in subsequent visits, they were becoming very helpful and willing to participate more actively. Even though, most of the plants indicated by them did not show potentially resistant. Sometimes those trees were isolated of other cacao trees, other times very shaded and not flushing or still other times were heavily infected.

From the total of plants considered for selection, either suggested by the farmer or identified by the breeders, after a finer observation, only about 10% of them were marked for evaluation in future visits. Preliminarily those selections were called VB (standing for “Vassoura-de-Bruja” or witches’ broom). Later, these VB selections became so popular, that was difficult to change that preliminary name to another one more appropriate.

By December 1998, about 1,200 VB selections were marked for evaluation. Usually three visits a year were done in those mother trees. In the first visit, besides the evaluation, seeds (when pods were present) and budwood were collected. The seeds, in the few cases pods were found, since many of those farms chosen for selection were already abandoned, were used for seedling inoculation, using the concentrated basidiospore system for witches’ broom screening in CEPEC (Silva et al., 2001). The buds were used to vegetatively propagate those pre-selected plants in observation plots, aiming to keep them in a safe place and to evaluate them under more uniform conditions. The plants budded were kept in CEPEC’s greenhouse up to the time to take them to the field. It should be pointed out that, by that time the technology of grafting on chupons was not a common practice in Brazil, so the selections were budded on seedlings.

When the plants were ready to go to the field, CEPEC’s stations still did not have enough disease to allow a fast and reliable evaluation of the selections for witches’ broom. Therefore, a cacao farmer, Mrs. Maria Rosalina Moura Pinto, was consulted about the possibility of putting the selections on her farm. Mrs. Rosalina kindly put available the “Rainha do Sul” or Queen of the South farm available to us. This farm has about 145 ha, totally planted with cacao and was by that time severely infected by witches’ broom. In 1986, before the introduction of witches’ broom in Bahia, this farm produced 180 tons of

cocoa per year and in 1995, six years after the disease introduction, produced only 4.5 tons. Later, *Rainha do Sul* farm became a very important center of training and stimulus for both farmers and politicians, as discussed below.

Many plants originally marked were discarded during the process of evaluation. In 2002, about 600 of those selections were put in *Rainha do Sul* farm. Five ramets of each selection (ortet) were planted in a spacing of 3.0 x 1.5 m. A smaller spacing than the conventional 3.0 x 3.0 m was chosen in order to save area and because the major objective was, as mentioned above, to save the plants and to do a preliminary evaluation for witches’ broom and some other traits that can be measured in the first years of the plant development.

Since the beginning of the project, there was a question about the source of resistance of the selected plants. The pedigree of some of them could be guessed, based on the phenotype, as being descendant of scavinas, the best known source of resistance to witches’ broom; but many others not. In order to clarify this, we decided to do a paternity analysis using isozymes, the only marker technique available on that time in CEPEC. Among the 39 VB selections tested, 10 had Scavina-12 as the most likely parent, 8 Scavina-6, 5 IMC-67 and 3 Pa-150 (Yamada and Lopes, 1999). For the remaining was not possible to assign a unique parent. Based on that and on other phenotypic observations, it was decided to avoid plants with typical scavina characteristics, aiming to increase the chances of selecting plants with other genes of resistance. Later on, now based on molecular markers, it was shown that a considerable variability existed among the VB selections (Faleiro et al., 2003). Of course, the observed diversity is not a guarantee of the existence of different genes of resistance among the selections, but can be a good approach in the absence of more specific studies aiming to identify the different genes of resistance. The next step, in this area, is to use markers associated to witches’ broom, as those already identified in CEPEC (Faleiro et al., 2002). Moreover, even having the same gene of resistance, variability for other traits have been advocated as a good way of reducing pressure on the resistance gene, by the so called “defense profile” (Schmidt et al, 1981).

Now 10 years after the beginning of this project, the best 20-30 VB selections are widely planted in most farms in Bahia.

1.2. *Rainha do Sul* Farm as a Demonstration Area

Early 1990s, with the spread of witches’ broom and the reduction of the productivity to almost nil in many

farms, the hopeless farmers were abandoning their farms and firing their employees, resulting in many “ghost” farms. *Rainha do Sul* farm, originally planned to be a simple location for saving and testing resistant selections, became an important center of motivation and training. The localization of this farm, close to a federal highway (BR-101) and its easy access facilitated the visits. Besides that, strategically the VB selections were planted in an area close to the entrance of the farm, allowing an easy access to visitors.

From 1997 to 2002, hundreds of farmers, extension agents, regional authorities and leaders, and important politicians, including almost all Bahian representatives and the governor, visited *Rainha do Sul*. This had two major results: 1) Give hope to those farmers that were considering to give up the cacao activity; and 2) To convince the politicians that the problems caused by the witches' broom could be overtaken by adopting resistant varieties. Now that the politicians could see a potential solution for witches' broom, they were stimulated to invest effort in putting credit available for farmers starting again the cacao activity with resistant clones.

1.3. Farmer Selections

Considering the success of the VB selections project, many farmers were trained and willing to start selecting resistant plants in their own farms, actively stimulated by CEPLAC's personnel. Some guidelines for selecting plants in farms were written (Pinto and Pires, 1998) and widely distributed to farmers.

Many farmers expanded the limits of their properties and started selecting in neighbor, abandoned farms. From 1997 to 2002 more than five thousand trees were pre-selected by farmers. Most of them were discarded, but many survived a better evaluation. Stimulated by CEPEC, the best selections were interchanged among farmers. This was done not only to put available the best selections to other farmers, but also to test them under different environments. As a result, the best farmer selections are today in clonal gardens of most farms of the region and many of them are widely planted.

In 1998, CEPEC decided to decrease their own program of directly searching plantations for new VB selections. Since the activity was very common among farmers, it was better to pick up the best selections to include in CEPEC's program for testing and breeding. Unfortunately, not much data was available, and most of the selections were introduced based on talk with the farmer and extension agents.

Today, in CEPEC there are around 300 of those farmer selections. Also, as detailed below, 70 of those selections are being tested in multi-location trials, on farms.

2. Propagation and Distribution of Varieties

A crucial stage in the release of varieties to farmers is to put available a large amount of propagules of the recommended varieties, at a low cost. In the case of cacao in Bahia, an aggravating factor was the urgency in having propagules of resistant clones to substitute the highly susceptible varieties in plantations.

The approach adopted by CEPEC was one based on decentralized clonal gardens on private farms. Although, at the beginning, mainly large farms were involved in this activity of multiplying the clones recommended, the farmers agreed with CEPEC to distribute the propagules to other farmers. In fact, most often, despite the propagation was made by them, the distribution was done by CEPEC and, in this case, both small and large farmers were benefited.

Initially CEPEC's scientists together with the extension agents identified the farms to receive the clonal gardens and then the farmers were contacted and the rules discussed. After that, the area was chosen and the garden established by the farmer, under the coordination of CEPEC's personnel.

About 100 clonal gardens were installed in the region with the first five clonal varieties recommended by CEPEC. Most of them also included about 20 of the best VB selections. Besides those 100 gardens formed with direct participation of CEPEC, many others were formed by the farmer itself. In this case, besides the varieties recommended by CEPEC, many selections interchanged with other farmers were also used, accumulating up to 500 to 1000 clones. Unfortunately, many of these clones were widely put in plantations, before an accurate evaluation.

Aiming to have a continued evaluation of the clones in plantations, the farmers were also stimulated to put the clones in rows easily identifiable. This would allow the farmer to identify the clones to be expanded in the new plantings and also to substitute those not performing well, more easily.

3. Farmers Associations

In the first stages of this program mainly large producers were involved in the selection of plants and in the formation of clonal gardens. The next challenge was to involve small farmers in the process of production of their own propagation material and training. CEPEC's option to reach those farmers was stimulating the formation of associations, such that farmers could be trained as a group in the new technologies (grafting,

pruning, management of clonal areas) and could produce their own propagation material.

Because those farmers were so poor to effort even minor investment in forming clonal gardens, the strategy was to involve local government (mayors). In a first contact, some mayors and local agriculture secretaries agreed in financing small projects involving associations from their municipality and in helping to organize those associations. The farmers provided the land and the prefectures the fertilizers, grafting tools and materials. CEPEC provided the training and the varieties to be cloned in the clonal gardens.

About 48 farmer associations were formed in 12 cities of the cocoa region. For each 15 members, a clonal garden was formed in the land of one of them, considering the following criteria: easy access and being close to the largest number of members. About 20% of the association members were women.

4. On Farm Testing of Varieties

Until recently CEPEC's cacao breeding program was developed mainly on its own experimental stations. With the introduction of the witches' broom disease in Bahia, in 1989, associated to the reduction of CEPEC's resources, a large portion of the program was moved to private farms, particularly in the stage of testing.

From 2000 to 2001, 24 clonal trials were installed in farms involving both clones developed by CEPEC's program and from farmer selections. Each trial has at least 30 clones planted in 6 locations, with 2 resistant and 2 susceptible controls. The trials are planted according to a completely randomized design with single-tree plots and 20 replications (trees) per clone per location (Lopes et al., 2001). Around 150 clones are being evaluated this way, half of them selected by farmers in their own land.

The experiments are installed following several steps. First, a farm is identified in a region of interest by an extension agent or by CEPEC's personnel. The six trials of a series have to cover most types of environments (soils, climate) of the region as well as the fungal populations discriminated based on molecular markers. Identified the farm, a technician or a breeder from CEPEC, together with the farmer, select the area where the experiment will be installed. Identified the area, a complete description of the plants in this area is made, characterizing each plant in respect to its location in the area, if it is alive, if it has or not basal chupon for grafting. This information is passed to the breeder for the randomization. A SAS program was written for randomizing the clones in the area and to produce forms to facilitate the grafting

operation and for late checking of the grafting process. The grafting is done by the farmer employees, oriented by the breeder and technicians. One or two months after the grafting, the technicians together with the laborers of the farm evaluate the need of re-grafting. When the plants reach the age of evaluation, the farmer is trained to collect data for several traits. In order to facilitate the evaluation, each plant receives a number ranging from 1 to n, where n is the number of plants in the experiment. Usually the area has 700-800 plants, including failures. Periodically, the farmer sends the information to the breeder for typing in computer and for analysis. Annually after the beginning of the experiment a report will be sent and discussed with the farmer. However, even without knowing the results of the analysis, based on their own information, the farmers have propagated the product of the pruning of those clones performing well in the experiment.

Conclusions and final Remarks

The participatory approach adopted in CEPEC expanded beyond the farmer. The success of CEPEC's program to control the witches' broom, attracted the interest of many politicians. CEPEC was visited several times by estate authorities, twice by the Brazilian Minister of Agriculture and once by the President of the country. In all cases, the technologies produced by CEPEC were presented, with emphasis on the use of resistant clones to overcome or minimize the impact of the witches' broom disease. As a result of this, more resources have been put available to farmers and to research.

Acknowledgements

The authors are grateful to the Government of Bahia by supporting most activities described in the paper; to Dona Rosalina Moura for putting Rainha do Sul farm available for several researches, to the mayors for helping in the formation of the associations; to the many farmers, technicians, scientists and extension agents involved in the projects described.

Literature Cited

ESAN, E. B. 2001. Towards cocoa farmers' participation in varietal selection, in-situ conservation and breeding for better adapted genetic resources champion tree: strategies for next decade in Nigeria. *In*: International Cocoa Research Conference, 13, Kota Kinabalu, Sabah Malaysia. Proceedings. Sabah,

- Malaysia, Cocoa Producers' Alliance. 2v. pp.1439-1445.
- EYZAGUIRRE, P.; IWANAGA, M. 1997. Participatory plant breeding. Rome, IPGRI. 164p.
- FALEIRO, F. G. et al. 2003. Genetic diversity of cacao accessions selected for resistance to witches' broom disease based on RAPD Markers. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*. (In press)
- FALEIRO, F. G. et al. 2002. Mapeamento de QTLs associados à resistência do cacaueiro à vassoura-de-bruxa. *In: Congresso Brasileiro de Fitopatologia*, 35. Recife, Anais. Brasília, SBF. 259p. S110.
- LOPES, U.V.; MONTEIRO, W.R.; MARQUES, J.R.B. 2001. Inheritance of the grafting success in mature plants of cacao. *In: International Cocoa Research Conference*, 13, Kota Kinabalu, Sabah Malaysia. Proceedings. Sabah, Malaysia, Cocoa Producer's Alliance. 2v. pp. 63-69.
- PEREIRA, J. L. et al. 1989. Primeira ocorrência de vassoura-de-bruxa na principal região produtora de cacau do Brasil. *Agrotrópica (Brasil)* 1 (1): 79-81.
- PINTO, L.R.M.; PIRES, J. L. 1998. Seleção de plantas de cacau resistentes à vassoura-de-bruxa. Ilhéus, CEPLAC/CEPEC. *Boletim Técnico* nº.181. 34p.
- SCHMIDT, R.A.; POWERS, H.R.; SNOW, G.A. 1981. Application of genetic disease resistance for the control of fusiform rust in intensively managed southern pine. *Phytopathology* 71: 993-997.
- SILVA, S.D.M. et al. 2001. Standardization of the belt system method to assess cacao genotypes to witches' broom resistance. *In: International Cocoa Research Conference*, 13, Kota Kinabalu, Sabah, Malaysia. Proceedings. Sabah, Malaysia, Cocoa Producer's Alliance. 2v. pp.503-510.
- YAMADA, M.M.; LOPES, U.V. 1999. Paternity analysis of cacao trees selected for resistance to witches' broom in plantations of Bahia, Brazil. *Agrotrópica (Brasil)* 11(2): 83-88.



IN SILICO IDENTIFICATION AND CONFIRMATION BY RT-qPCR OF CANDIDATE RESISTANCE GENES LINKED TO CERATOCYSTIS WILT IN CACAO

Rogério Mercês Ferreira Santos^{1*}, Stela Dalva Vieira Midlej Silva², Livia Santos Lima Lemos⁵, Fabienne Micheli^{3,4}, Karina Peres Gramacho²

¹Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Estadual de Feira de Santana. Av. Transnordestina, s/n - Novo Horizonte, Feira de Santana - BA, 44036-900, Feira de Santana-BA, Brazil; ²CEPLAC/CEPEC, 45600-970, Itabuna-BA, Brazil; ³UESC, Centro de Biotecnologia e Genética, Rodovia Ilhéus-Itabuna km 16, 45662-900 Ilhéus-BA, Brazil; ⁴CIRAD UMR AGAP, F-34398 Montpellier, France; ⁵Universidade Federal do Sul da Bahia/IHAC, Campus Paulo Freire, Praça Joana Angélica, 250, Bairro São José, 45988-058, Teixeira de Freitas-Bahia, Brazil.

*Corresponding author: rmfsantos@uefs.br

One strategy for the identification of candidate genes is the *in silico* detection of the genes present in the resistance linked genomic regions (QTLs). The present work locates and correlate *in silico* genes found in the previously region of mapped QTLs, selecting and testing candidate genes involved in the resistance of cacao to *Ceratocystis cacaofunesta* by RT-qPCR. We found 156 genes identified in the LXD-GL3 region and 166 in the LXD-GL9 region were reduced to 17 and 19 candidate genes, respectively, and at least 2 genes (osmotin e thaumatin) were especially interesting. The level of osmotin transcription was generally low at the early stage of infection (6 hours after inoculation-hai), increases slightly at 48 hai, and rapidly increased over the course of days (7 and 15 days after inoculation-dai) in the two studied genotypes. The expression pattern of thaumatin in the susceptible CCN 51 genotype increased abruptly in the first days after infection (7 and 15 dai), while the resistant genotype, TSH 1188, showed a smaller increase in 7 and 15 dai. The antifungal activity of these genes makes them candidates for genetic engineering in the production of disease resistant plants.

Key words: *Ceratocystis cacaofunesta*, QTLs, osmotin, thaumatin, differential expression.

Identificação *in silico* e confirmação via RT-qPCR de genes candidatos ligados a resistência à murcha de *Ceratocystis* em cacau. Uma estratégia para a identificação de genes candidatos é a detecção *in silico* dos genes presentes nas regiões genômicas ligadas à resistência (QTLs). O presente trabalho localiza e correlaciona genes encontrados *in silico* em regiões de QTLs previamente mapeados, selecionando e testando genes candidatos envolvidos na resistência do cacaueiro a *C. cacaofunesta* por RT-qPCR. Encontramos 156 genes identificados na região LXD-GL3 e 166 na região LXD-GL9, que foram reduzidos a 17 e 19 genes candidatos, respectivamente, e pelo menos 2 genes (osmotina e taumatina) são especialmente interessantes. O nível de transcrição de osmotina é geralmente baixo no início da infecção (6 horas após a inoculação-hai), aumenta ligeiramente aos 48 hai e aumentou rapidamente ao longo dos dias (7 e 15 dias após a inoculação - dai) nos dois genótipos estudados. O padrão de expressão da taumatina no genótipo suscetível CCN 51 aumentou abruptamente nos primeiros dias após a infecção (7 e 15 dai), enquanto o genótipo resistente TSH 1188 apresentou um aumento menor em 7 e 15 dai. A atividade antifúngica desses genes os torna candidatos à engenharia genética na produção de plantas resistentes a doenças.

Palavras-chave: *Ceratocystis cacaofunesta*, QTLs, osmotina, taumatina, expressão diferencial.

Introduction

The genus *Ceratocystis* includes several fungal species in several parts of the world. In Brazil, there are reports of the existence of three species: *C. paradoxa*, attacking mainly monocotyledons, *C. cacaofunesta* causing great problems in cacao plantations (*Theobroma cacao*) (Bezerra, 1997), and *C. fimbriata*, which causes disease in many cultures of economic importance such as mango (*Mangifera indica*) and eucalyptus (*Eucalyptus* spp.). In Brazil, in 2001, this fungus was reported causing great problems in cacao plantations, causing a disease known as *Ceratocystis* wilt (CW). Currently, in the cacao region of the State of Bahia the disease is widely disseminated and the deaths already add up to the equivalent of 24% of the plants, mainly those derived from the clone ICS-1, such as the Theobahia (ICS-1 x Sca-6) (Silva and Luz, 2000; Ram, Valle and Freitas 2004), that have been used as a source of resistance to witches' broom disease of cacao.

Ceratocystis cacaofunesta is a pathogen of difficult control as it causes irreversible damage to the vascular system of the plant and in a short time the plant dies, but the dead leaves remain adhered for a long time, passing the fungus to grow in the decomposing tissue where the sexual and asexual spores are formed (Silva, Paim and Castro, 2004; Tumura, De Pieri and Furtado, 2012). The use of resistant cacao genotypes is the most efficient method to control the disease (Silva, Paim and Castro, 2004; Silva et al., 2012; Delgado and Suárez, 2003; Baker et al., 2003; Alarcon, 1994; Lawrence, Campêlo and Figueredo, 1991).

In recent years, researchers around the world have used genomic information to identify disease resistance genes in cacao (Micheli, Guiltinan and Gramacho, 2010; Argout et al., 2011). It is necessary to identify a large number of genes, to be able to study defense mechanisms that contribute to the development of resistant genotypes (Vrain, 1999). The cacao tree has a large database of ESTs composed of 56 cDNA libraries, including three libraries of interaction between cocoa (Jaca resistant genotype) and *C. cacaofunesta* (Argout et al., 2008; Jones et al., 2002; Gesteira et al., 2003; Verica et al., 2004), in addition to its decoded genome V1 (<https://cocoa-genome-hub.southgreen.fr/genome-browser>) made from the Criollo clone B97

(Argout et al., 2011). One strategy for the identification of candidate genes is the *in silico* detection of the genes present in the resistance linked genomic regions (QTLs). Santos et al. (2012b) established the quantitative nature of the resistance to CW of cacao.

In this previous study, 2 QTLs linked to CW resistance were found in linkage groups (LG) 3 and 9 (6.9% and 8.6 % of the phenotypic variation, respectively) from a segregating F2 Sca-6 x ICS-1 population using SSR markers and EST-SSRs developed for this interaction (Santos et al., 2012a). The identification of genes already described in the literature as correlated to mechanisms of resistance in the QTL region may suggest the association of these genes to resistance to *C. cacaofunesta* in cacao, allowing the use of these genes for RT-qPCR studies and to confirm their possible association with this trait.

In this context, the present work was developed to locate and correlate *in silico* genes found in the region of mapped QTLs, selecting and testing candidate genes involved in the resistance of cacao to CW via RT-qPCR.

Materials and Methods

Identification of genes in the QTL region

The molecular markers located flanking or in peaks of QTLs for resistance to CW (Santos et al., 2012b) were used (Table 1) as an anchor point in the physical genome of cacao V1 (<https://cocoa-genome-hub.southgreen.fr/genome-browser>) (Argout et al., 2011). The genetic reference map of the cacao was used (Pugh et al., 2004), a search in the NCBI ([http://www.ncbi.nlm.nih.gov/gquery/\\$Url](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/gquery/$Url)) for the marker mTcCIR135 for the LXD-GL3 and the marker mTcCIR266 for the LXD-GL9 was performed. The sequence containing the marker was then searched for in the cocoa genome (<http://cocoagendb.cirad.fr/gbrowse/cgi-bin/searching.pl>). From the genome location, a search for 500 kb genes above and below the marker was made, totaling 1Mb per selected region (Figure 1).

The functional annotation of the genes was performed using the Blast2GO program (Gotz et al., 2008) using BlastN (E-value $\leq 1e^{-3}$) in the non-redundant database (NR) of the NCBI. The mapping of ontology terms (GOs) was performed according to

Table 1. QTLs identified by Santos et al. (2012b) for resistance to Ceratocystis wilt

QTL	Linkage group	Flanking markers	Peak marker of QTL	Position in CM in map (Pugh et al., 2004)
LXD-G3	3	mTcCIR254-mTcCIR128	mTcCIR135	78.63
LXD-G9	9	mTcCIR266-mTcCIR126	mTcCIR108	8.22

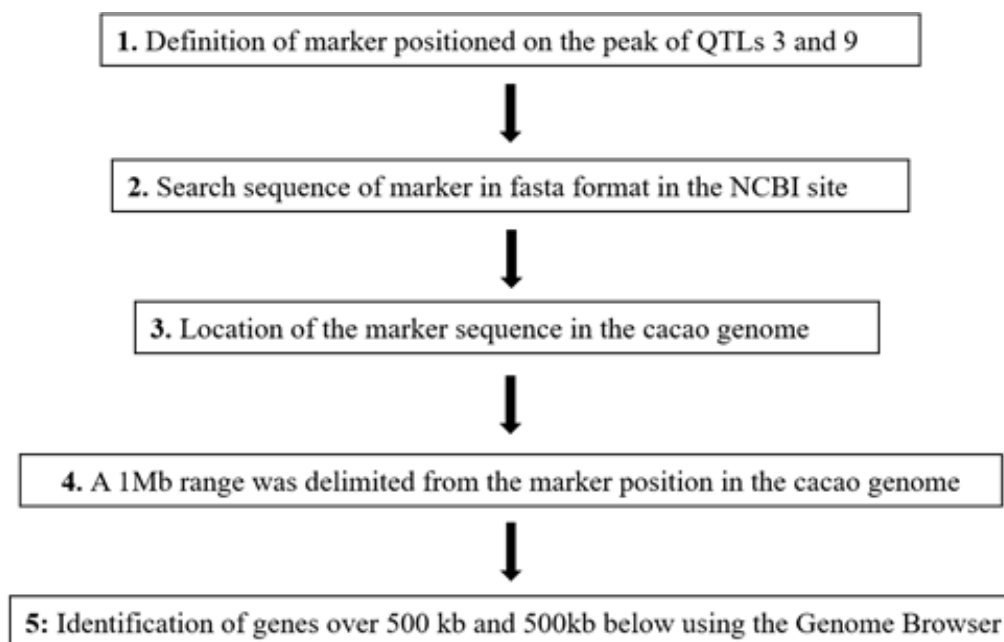


Figure 1. Schematic representation of the methodology used to identify genes close to the QTLs of LG 3 (Tc03) and LG 9 (Tc09).

Blast2GO instructions (<http://www.blast2go.org/localgodb>). Protein domains were mapped to Interproscan (<http://www.ebi.ac.uk/Tools/pfa/iprscan>) using the parameters determined by the Blast2GO program.

Inoculation of *C. cacaofunesta* in cacao seedlings

Seedlings of the clones TSH 1188 (resistant to *C. cacaofunesta*) and CCN 51 (susceptible to *C. cacaofunesta*) from *Theobroma cacao* L. were grown in the CEPEC/CEPLAC greenhouse in a previously sterilized substrate under natural light and relative humidity of 90 %. The susceptible clone CCN 51 and the resistant clone TSH 1188 were chosen based on evidence of their demonstrated responses to CW from field progeny trials (Silva et al., 2006; Sanches et al., 2008; Santos et al., 2012a). The inoculation was carried out in six-month-old seedlings through a scalpel incision above the first stem node, where 30 μ l of a suspension at 3.0×10^4 CFU/mL of the isolate Cf 20

were deposited with an automated pipette. A moistened cotton was then placed below the incision to form a wet chamber and the site was sealed with adherent plastic tape (screw-thread).

Control seedlings were inoculated with sterile water and submitted to the same growth conditions. Typical symptoms of the disease were observed in 7 days in the CCN 51 clone, and at 15 days the plants were dead. The TSH 1188 clone did not develop visible symptoms. Approximately 125 mm³ of the tissue (stem) at the site where the inoculation was done were excised in 3 seedlings. Stem tissue from inoculated and non-inoculated (control) of CCN 51 and TSH 1188 plants were collected at 6, 48 hours after inoculation (hai) and 7, 15 days after inoculation (dai), and analyzed based on histopathological studies performed by Santos et al. (2013). The collected tissues were frozen in liquid nitrogen and stored at -80°C until use.

Extraction of total RNA from cacao stem tissues and cDNA synthesis

Total RNA was extracted using the RNAqueous™ kit according to the manufacturer's instructions (Ambion®). RNA concentrations were determined by the GeneQuant II RNA/DNA Calculator spectrophotometer (Pharmacia Biotech). The synthesis of the cDNA was performed using the total RNA treated with DNase according to the recommendations of the manufacturer of the High Capacity RNA-to-cDNA kit (Applied Biosystems).

Primers used and RT-qPCR

The pairs of primers were designed using Primer Express 3.0 software (Applied Biosystems) and were based on sequences selected from the previously described cocoa cDNA libraries (Gesteira et al., 2007) and the endogenous reference genes for cocoa according to Pinheiro and Litholdo (2011) are shown in Table 2.

As a calibrator, the treatment not inoculated with a pool of the 3 times tested for both genotypes was used. All samples used in the assay (target gene, endogenous gene, calibrator and NTC) were amplified in experimental triplicates for each biological replicate. Expression analyzes were performed on model 7500 Fast Thermal cycler (Applied Biosystems) using SYBRgreen. The reaction consisted of 1ul of the cDNA, 0.3µl of each primer (F-R) and 5µl of qRGreen PCR SuperMix (Invitrogen) to a total volume 10ul of each reaction. The reaction conditions were 50° C for 20 min, 95° C for 10 min followed by 40 cycles of 95° C for 15 min, 58 °C for 1min. To generate a lower cycle Threshold (Ct) a test was performed to verify the cDNA concentration as well as a concentration test of the primers to generate a lower Ct, higher ARn

and free of dimers. Before evaluating the expression profile of the gene, a test of the efficiency of the assay was performed, performing serial dilutions with 5 dilutions and 3 replicates, and the evaluation done by the slope indication of the standard curve and R². After the reaction the data were collected and stored in Software 7500 version 2.0.5. The results were normalized using DataAssist™ software ver.3.01 (Life Technology).

Results and Discussion

Search and annotation of the genes found in the QTLs region

A search and annotation of the genes comprised between 1Mb from the QTLs identified by Santos et al. (2012b) in the cacao genome (Argout et al., 2011; <http://cocoagendb.cirad.fr/gbrowse>) is performed (Figure 1). QTLs are found in LG 3 (LXD-GL3) and in LG 9 (LXD-GL9). We found 156 probable genes for LXD-GL3 and 166 for LXD-GL9 using BlastN with moderate stringency (Astschul et al., 1997).

These genes were annotated for gene ontology (GO) (Ashburner et al., 2000), biochemical routes (KEGG) (Kanehisa et al., 2008) and conserved protein domains (Interproscan) (Hunter et al., 2009). The description of homologous genes and all individual annotations were manually inspected for their relevance in resistance to CW and selected genes that showed correlations with biological functions linked to biotic and abiotic stresses or that were important for resistance to diseases according to specialized literature.

Candidates genes for resistance were selected by searching for unigenes associated with the word “stress”, where the 156 genes identified in the LXD-

GL3 region and 166 in the LXD-GL9 region were reduced to 17 and 19 candidate genes, respectively. These genes are listed in Table 3. The specific terms used for the selection were: “stress response to abiotic stimulus” (GO: 0009628); “response to endogenous stimulus” (GO: 0009719); “response to extracellular stimulus” (GO: 0009991); and “response to stress” (GO: 0006950).

Table 2. Primers used to evaluate the gene expression of cacao genotypes with primers sequence, amplification efficiency and R² obtained by RT-qPCR

Gene	Description Sequence (5'-3')	Efficiency	R ²
Taumatococcus	F:CGGAGCGTGAAAGAGGAAT R:ACCAGCTTCAAAACCACCAG	1,93	0,98
Osmotin	F:TGTTGCATCCTGGTACTGCT R:GGCTTTCTTGCACTGGTACAC	1,94	0,99
Tubulin*	F:TCCTCTTCCAGCCATCTCTC R:TCTCCTTGCTCATTCGGTCT	1,95	0,99
EF1α*	F:AGGTCCACCAACCTTGACTG R:TTGGGCTCGTTAATCTGGTC	1,98	0,99

* Endogenous reference genes for cocoa according to Pinheiro et al (2011).

Table 3. Candidate genes for Ceratocystis wilt resistance in the QTLs region

QTL	Unigene ID	Description Blast	Access	Domains Interproscan	Description terms
LXD-GL3	Tc03:22999053..23000016	thaumatin-like protein	GO:0050832	1	defense response to fungus
	Tc03:23004824..23005876	osmotin-like protein	GO:0009817	6	defense response to fungus
	Tc03:23027163..23032865	RNA helicase	GO:0009651	1	response to salt stress
	Tc03:23108549..23111256	tubulin beta	GO:0009651	8	response to salt stress
	Tc03:23147754..23149975	glutathione peroxidase-l prot	GO:0006979	1	response to oxidative stress
	Tc03:23195032..23201524	glutamylcysteine synthetase	GO:0050832	1	defense response to fungus
	Tc03:23206263..23208820	Protein	GO:0071367	7	cellular response stimulus
	Tc03:23413483..23420621	beta-adaptin-like protein b	GO:0050690	4	regulation of defense
	Tc03:23421083..23427653	dna repair and trans factor	GO:0009636	1	response to toxin
	Tc03:23442911..23444152	zinc finger	GO:0009737	1	response to abscisic acid stimulus
	Tc03:23531067..23535825	big map kinase	GO:0009737	5	response to abscisic acid stimulus
	Tc03:23538562..23541706	heat shock protein 81-2	GO:0009414	5	response to water deprivation
	Tc03:23658247..23663956	respiratory burst oxidase	GO:0050832	1	defense response to fungus
	Tc03:23721620..23726477	calcium-dependent protein kinase	GO:0009651	7	response to salt stress
	Tc03:23759396..23760428	Protein	GO:0006952	5	defense response
	Tc03:23822312..23825122	6-phosphogluconate dehydrogenase	GO:0009749	10	response to glucose stimulus
	Tc03:23922317..23975326	bax inhibitor	GO:0006983	1	ER overload response
LXD-GL9	Tc09:721425..723705	enhancer of rudimentary	GO:0050832	1	defense response to fungus
	Tc09:728135..730454	glutathione peroxidase	GO:0080167	1	response to karrikin
	Tc09:769270..775070	btb poz domainprotein npy1-like	GO:0009416	4	response to light stimulus
	Tc09:831770..833752	cbl-interacting protein kinase	GO:0050832	10	defense response to fungus
	Tc09:897196..901975	Protein	GO:0009408	1	response to heat
	Tc09:940710..942098	acidic mammalian chitinase-like	GO:0009753	8	response to jasmonic acid stimulus
	Tc09:974742..975760	ap2 erf domain transcription factor	GO:0003700	1	transcription factor activity
	Tc09:983715..988221	aspartate aminotransferase	GO:0009409	1	response to cold
	Tc09:1078730..1080693	flotillin-like protein	GO:0071456	5	cellular response to hypoxia
	Tc09:1127016..1133091	protein topless	GO:0009733	1	response to auxin stimulus
	Tc09:1204374..1208993	protein far1-related sequence 6-like	GO:0009639	4	response to red or far red light
	Tc09:1104406..1107482	octicosapeptide phox domain protein	GO:000695	8	response to stress
	Tc09:1244231..1247337	h+-transp atp synthase-like protein	GO:0042742	3	defense response to bacterium
	Tc09:1256175..1257803	indole-3-acetic acid inducible 29	GO:0009733	1	response to auxin stimulus
	Tc09:1293802..1296902	l-ascorbate peroxidase	GO:0006979	1	response to oxidative stress
	Tc09:1391201..1396114	nitrate transporter	GO:0009611	3	response to wounding
	Tc09:1441437..1442156	low temp and salt responsive protein	GO:0050832	1	defense response to fungus
	Tc09:1619307..1621132	protein kinase	GO:0009414	1	response to water deprivation

Terms used for selection of candidate genes: response to abiotic stimulus (GO: 0009628); response to biotic stimulus (GO: 0009607); response to the endogenous stimulus (GO: 0009719); response to the extracellular stimulus (GO: 0009991); response to stress (GO: 0006950). The following terms have been omitted because of the low information content: biological process (GO: 0008150); biosynthesis process (GO: 0009058); connection (GO: 0005488); catalytic activity (GO: 0003824); cell process (GO: 0009987); DNA metabolic process (GO: 0006259); metabolic process (GO: 0008152). binding to proteins (GO: 000551).

Of the 17 genes selected for the LXD-GL3 region and the 19 genes for LXD-GL9, 8 and 5 genes respectively, were noted in the category “response to biotic factors” (GO: 0009607) and at least 2 of these 13 genes are especially interesting and were selected for confirmation of the differential expression via RT-qPCR. They are located on chromosome 3 at positions 22999053 to 23000016 and 23004824 to 23005876 (87.05% and 86% similarity; BLASTN E-value = 4.10E^{-87} and 1.06E^{-148} ,

respectively) being coded for osmotin (osmotin-like protein) with 6 related protein domains in Interproscan and thaumatin (thaumatin like-protein) (Table 3). Both osmotins and thaumatins belong to the family of the Pathogenesis Related Proteins 5 (PR5) (Liu, Sturrock and Ekramoddoullah, 2010), implicated in acquired and induced systemic resistance (Dong, 2001). Members of PR5 family have shown antifungal action, including against fungi that attack cocoa (Resende et al., 2002, 2010).

It is important to note that these data do not prove a causal relationship between the genes identified and the probable genes involved in resistance to CW, but these genes are, however, good candidates for validation and differential gene expression experiments using RT-qPCR. Therefore, the study of the differential expression of genes in resistant and susceptible CW cacao clones under conditions of induction of expression by the pathogen will allow a better understanding of the plant-pathogen relationship, representing a valuable source of information that may be used in identification studies of resistance genes.

Expression of osmotin and thaumatin genes after fungal infection in cacao

To study the role of PR5 osmotin and thaumatin in cacao, we analyzed the accumulation of transcripts in two contrasting genotypes for resistance to CW. CCN 51 is a highly susceptible and TSH 1188 highly resistant genotype (Silva et al., 2012a). The progress of the disease after inoculation of these genotypes with *C. cacaofunesta* at different inoculation times (6 and 48 hai and 7 and 15 dai) can be observed in Figure 2. It can be observed that the inoculated TSH 1188 seedlings showed no symptoms, whereas in CCN 51 it was possible to notice characteristic progressive wilt and disease from 7 dai (Figure 2).

PR5 may also promote the release of phytoalexin elicitors (Bol, Linthorst, and Cornelissen, 1990; Kuc,

1985; Neuenschwander et al., 1995) as well as induce the synthesis of phenolic compounds (Keen and Yoshikawa, 1983; Kurosaki, Amin and Nishi, 1986). It is important to note that in histological studies of the *C. cacaofunesta*-cacao interaction, it was found a high concentration of phenolic compounds in the genotypes elicited with the fungus (Santos et al., 2013), indicating that these proteins may be related to the defense process in this patosystem. Studies have already confirmed the action of thaumatin against *Phytophthora* spp., causal agent of the brown rot disease of cacao (Evans, 2007).

These two genes are present in the libraries constructed from the *C. cacaofunesta*-cacao interaction. (Argout et al., 2008). We monitor the levels of transcription of osmotin and thaumatin after infection by *C. cacaofunesta*. In both genes analyzed, a discrete increase in transcript levels in the first hours after inoculation (6 and 48 hai) and a high increase in later times (7 and 15 dai) (Figure 3) were observed. Other factors that stimulate the expression of both thaumatin and osmotin are: abscisic acid (ABA), wounds, tobacco mosaic virus and ethylene (Singh, Makkar and Negi, 1989; Neale et al., 1990; Casas et al. (1992), which corroborates the expression levels of these genes in the initial times (6 and 48 hai) (Figure 3).

RT-qPCR analysis revealed that the level of osmotin transcription is generally low at the at the beginning of the infection process (6 hai), increases slightly at 48 hai, and rapidly increases (approximately 4.5×) over



Figure 2. Cocoa seedlings inoculated with *Ceratocystis cacaofunesta*. A) TSH 1188 6 hai; B) TSH1188 48 hai; C) TSH 1188 7 dai; D) TSH 1188 15 dai; E) CCN 51 6 hai; F) 48 hai; G) CCN 51 7 dai; H) CCN 51 15 dai.

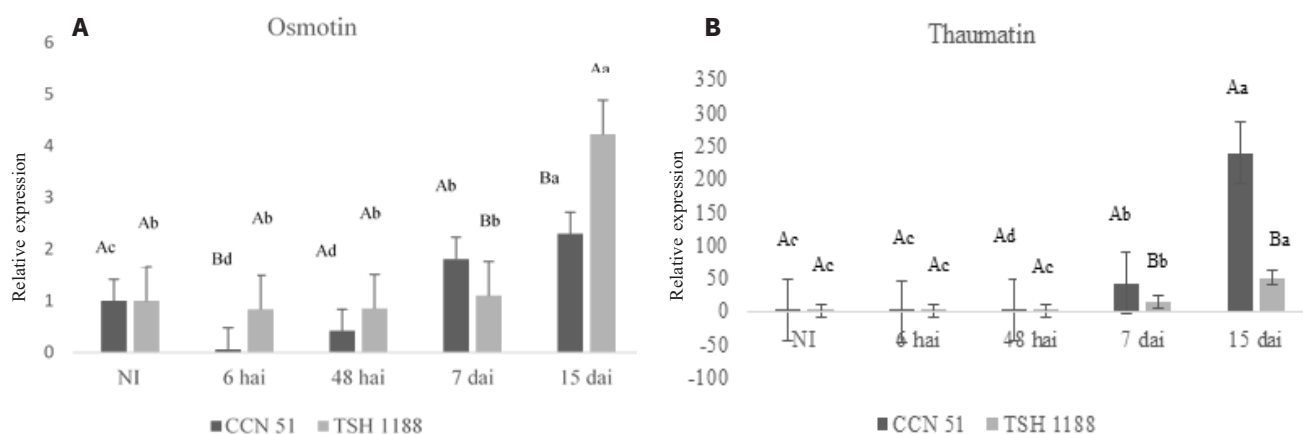


Figure 3. Relative expression based on RT-qPCR data from: **A**) the osmotin gene at 5 inoculation times (NI (control -not inoculated), 6 and 48 hai; 7 and 15 dai) and **B**) the thaumatin gene at 5 inoculation times (NI (control - not inoculated), 6 and 48 hai; 7 and 15 dai) in CCN 51 and TSH 1188 of *C. cacaofunesta*-cacao interaction. The control, used as calibrator (for this reason is always 1), corresponds to the average of the expression values of Osmotin or Thaumatinin in 3 non-inoculated samples in each genotype (see also Methods section). The results are the arithmetical mean of the repetitions $\pm$ standard error. Different letters indicate significant statistical difference between samples by the Scott-Knott test ($P \leq 0.01$): lower case letters correspond to statistics between harvesting times for each genotype while upper case letters correspond to statistics between genotypes for each harvesting time. hai: hours after inoculation; dai: days after inoculation.

the course of days (7 and 15 dai) in the two genotypes studied (Figure 3A).

Osmotin-like proteins (OLPs) are proteins of approximately 26 kDa belonging to the PR5 family, which have a high degree of homology to the thaumatin protein (Yun et al., 1997). The first osmotin was described in cultures of tobacco plant cells (*Nicotiana tabacum*) adapted to salinity conditions (Singh and Bracker, 1987). After the discovery of osmotin many studies have shown that its synthesis in plants is regulated by various hormonal and environmental signals including fungal infections, mechanical injury, salinity, desiccation, cold, ultraviolet radiation and hormones such as auxins, ethylene and abscisic acid (Noori and Sokhansanj, 2008). These proteins are indispensable molecules for plant resistance, since they are associated with the defense of plants to biotic and abiotic stresses.

Many studies describe the role of osmotin in the defense against pathogens. In plants of tobacco and tomato, it was discovered that osmotins are induced when the plants are in contact with pathogens of viral and fungal origin (Stintzi, Heitz and Prasad, 1993; Woloshuk and Meulenhoff, 1991), indicating a probable relation with the mechanisms of resistance to pathogenic attacks. There are reports in the literature that

overexpression of these proteins in susceptible plants confers resistance to pathogens (Rajam et al., 2007).

In addition to defense against pathogens, there are many studies showing the protective action of osmotin to abiotic damage. Studies show the relationship of osmotin in stress protection caused by mechanical damage (Nelson, Salamini and Bartels, 1994), by cooling (Zhu, Chen and Li, 1995; Hong et al., 2003), and drought (Zhu, Chen and Li, 1995).

Thaumatin is also a protein of the PR5 group. In tobacco and other plant species, the proteins belonging to this group exhibit activity of inhibition of the growth of hyphae or spore germination of different fungi *in vitro*, probably through a mechanism of permeabilization of membranes (Stintzi, Heitz and Prasad, 1993). The expression pattern of thaumatin was different and contradicted the constitutive levels (Figure 3B). In the susceptible CCN 51 genotype, transcription levels increased abruptly in the first days after infection (7 dai- 43x and 15 dai - 245x), while the resistant genotype TSH 1188 showed a smaller increase in 7 dai (15x) and 15 dai (51x) (Figure 3B).

Anti-fungal properties of thaumatin were observed in *Arabidopsis* and other plants whose expression levels during fungal infection increased in both resistant and susceptible cultivars (Elkereamy and Guevara, 2011). The thaumatin protein induced expression under

conditions of low water potential. In this condition it accumulates about 15 times more than under normal water conditions (Singh, Makkar and Negi, 1989). It should be noted that one of the main symptoms of CW is the water deficit caused by fungus blockade in the xylem, which could explain the large increase in the expression of this gene in the susceptible CCN 51 genotype at 7 and 15 dai (Figure 3B). Other factors that stimulate the expression of both thaumatin and osmotin are: abscisic acid (ABA), wounds, tobacco mosaic virus and ethylene (Singh, Makkar and Negi, 1989; Neale et al., 1990; Casas et al., 1992).

The antifungal activity of these genes makes them candidates for genetic engineering in the production of disease resistant plants. Transgenic banana plants expressing the TLP (thaumatin-like protein) gene of rice challenged with *Fusarium fungus* presented higher resistance to *Fusarium oxysporum* sp. Cubense (race 4) in relation to non-inoculated plants (Mahdavi, Sariah and Maziah, 2012).

Conclusion

By means of the in silico analyzes presented this work, it was possible to identify and select two candidate genes to CW resistance. The identification and characterization of these genes enables subsequent studies, such as analyzing the differential expression between plants grown in field and greenhouse, or prospecting natural variability using different genetic materials, thus enabling the identification and validation of polymorphisms for the development of molecular markers associated with CW resistance. The methodology used in this study allowed the identification of several genes with expression differential in response to CW resistance, opening new experimental possibilities for the characterization of function of these genes.

Acknowledgements

The present study was carried out in the facilities of the Molecular Plant Pathology Laboratory (FITOMOL) and Cocoa Research Center (CEPEC/CEPLAC) located in Ilhéus, Bahia, Brazil. This research was supported by Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB).

Literature Cited

- ALARCON, C. R. M. 1994. Determinacion de Resistencia de 250 Clones de Cacao de Origen Nacional al Ataque de Mal-de-Machete (*Ceratocystis fimbriata* Ellis & Halsted). Tesis de Grado. Universidad Agrária del Ecuador. Guayaquil, Ecuador. 125p.
- ALTSCHUL, S. F. et al. 1997. Gapped BLAST and PSI-BLAST: a new generation of protein database search programs. *Nucleic Acids Research* 17:3389-3402.
- ARGOUT, X. et al. 2011. The genome of *Theobroma cacao*. *Nature Genetics* 43:101-108.
- ARGOUT, X. et al. 2008. Towards the understanding of the cacao transcriptome: Production and analysis of an exhaustive dataset of ESTs of *Theobroma cacao* L. generated from various tissues and under various conditions. *BMC Genomics* 9:512-523.
- ASHBURNER, M. et al. 2000. Gene ontology: tool for the unification of biology. The Gene Ontology Consortium. *Nature Genetics* 6:25-29.
- BAKER, C. J. et al. 2003. Genetic variability and host specialization in the Latin American clade of *Ceratocystis fimbriata*. *Phytopathology*, 93:1274-1284.
- BEZERRA, J. L. 1997. *Ceratocystis fimbriata* causing death of budded cocoa seedlings in Bahia, Brazil. *Incoped Newsletter* 1:6-14.
- BOL, J. F.; LINTHORST, H. J. M.; CORNELISSEN, B. J. C. 1990. Plant pathogenesis-related proteins induced by virus infection. *Annual Review Phytopathology* 28:113-38.
- CASAS, A. M. et al. 1992. Expression of osmotin-like genes in the halophyte *Atriplex nummularia* L. *Plant Physiol* 99:329-337.
- DELGADO, R.; SUÁREZ, C. 2003. Diferencias em agressividade entre aislamientos de *Ceratocystis fimbriata* de Ecuador y Brasil em cacao. In: XII Seminário Nacional de Sanidad Vegetal, 12. Latacunga, Ecuador. 8p.
- DONG, X. 2001. Genetic dissection of systemic acquired resistance. *Current Opinion in Plant Biology* 4:309-14.

- ELKEREAMY, A.; GUEVARA, D. 2011. Exploring the molecular and metabolic factors contributing to the adaptation of maize seedlings to nitrate limitation. *Front Plant Science* 2:49.
- EVANS, H. C. 2007. Cacao diseases-the trilogy revisited. *Phytopathology* 97:89-95.
- GESTEIRA, A. S. et al. 2003. Isolation and purification of functional total RNA from different organs of cocoa tree during its interaction with the pathogen *Crinipellis pernicioso*. *BioTechniques* 35:494-500.
- GESTEIRA, A. S. et al. 2007. Comparative analysis of expressed genes from cacao meristems infected by *Moniliophthora pernicioso*. *Annals of Botany* 100:129-140.
- GÖTZ, S. et al. 2008. High-throughput functional annotation and data mining with the Blast2GO suite. *Nucleic Acids Research* 36:3420-3435.
- HONG, S. W. et al. 2003. Arabidopsis hot mutants define multiple functions required for acclimation to high temperatures. *Plant Physiology* 132:757-767.
- HERBERS, K. et al. 1996. Systemic acquired resistance mediated by the ectopic expression of invertase: possible hexose sensing in the secretory pathway. *Plant Cell* 87:78-98.
- HUNTER, S. et al. 2009. InterPro: the integrative protein signature database. *Nucleic Acids Research* 37:875-897.
- JONES, P. G. et al. 2002. Gene discovery and microarray analysis of cacao (*Theobroma cacao* L.) varieties. *Planta* 216:255-264.
- KANEHISA, M. et al. 2008. KEGG for linking genomes to life and the environment. *Nucleic Acids Research* 36:478-498.
- KEEN, N. T.; YOSHIKAWA, M. 1983. 1,3-Endoglucanase from soybean releases elicitor-active carbohydrates from fungus cell walls. *Plant Physiology* 71:460-465.
- KUC, J. 1985. Increasing crop productivity and value by increasing disease resistance through non-genetic techniques. In: *Symposium on Forest Potentials: Productivity and Value*. Proceedings. 1985. Weyerhaeuser Co, Tacoma, Washington. pp.147-190.
- KUROSAKI, F.; AMIN, M.; NISHI, A. 1986. Induction of phytoalexin production and accumulation of phenolic compounds in cultured carrot cells. *Physiological and Molecular Plant Pathology* 28:359-370.
- LAWRENCE, J. S.; CAMPÊLO, A. M. F. L.; FIGUEIREDO, J. M. 1991. *Enfermidades do cacaueiro. II - Doenças fúngicas que ocorrem nas folhas, ramos e tronco*. *Agrotrópica (Brasil)* 3(1):1-14.
- LIU, J. J.; STURROCK, R.; EKRAMODDOULLAH, A. K. 2010. The superfamily of thaumatin-like proteins: its origin, evolution, and expression towards biological function. *Plant Cell Reports* 29(5):419-436.
- MAHDAVI, F.; SARIAH, M.; MAZIAH, M. 2012. Expression of rice thaumatin-like protein gene in transgenic banana plants enhances resistance to fusarium wilt. *Biotechnology and Applied Biochemistry* 166:1008-1019.
- MICHELI, F.; GUILTINAN, M.; GRAMACHO, K. P. 2010. Functional genomics of cacao. *Adv Bot Res* 155:119-177.
- NEALE, A. D. et al. 1990. Chitinase 1,3-glucanase, osmotin, and extensin are expressed in tobacco explants during flower formation. *Plant Cell* 2:673-684.
- NELSON, D.; SALAMINI, F.; BARTELS, D. 1994. Absciscic acid promotes novel DNA-binding activity to a desiccation-related promoter of *Craterostigma plantagineum*. *Plant Journal* 5(4):451-458.
- NEUENSCHWANDER, U. et al. 1995. Activation of plant disease resistance. *Aspects of Applied Biology* 42:217-225.
- NOORI, S. A. S.; SOKHANSANJ, A. 2008. Wheat plants containing an osmotin gene show enhanced ability to produce roots at high NaCl concentration. *Russian Journal of Plant Physiology* 55:256-258.
- PINHEIRO, T. T. ; LITHOLDO JR, C. G. 2011. Establishing references for gene expression analyses by RT-qPCR in *Theobroma cacao* tissues. *GMR* 10(4):3291-3305.

- PUGH, T. et al. 2004. A new cacao linkage map based on codominant markers: development and integration of 201 new microsatellite markers. *Theoretical and Applied Genetics* 108:1151-1161.
- RAJAM, M. V. et al. 2007. Thaumatin gene confers resistance to fungal pathogens as well as tolerance to abiotic stresses in transgenic tobacco plants. *Biol Plant* 51:135-141.
- RAM, A.; VALLE, R. R. M.; FREITAS, D. B. 2004. Controle de cancro ou murcha de *Ceratocystis* do cacaueiro na Bahia, Brasil. *Agrotrópica (Brasil)* 16:111-114.
- RESENDE, M. L. V. et al. 2002. Induction of resistance in cocoa against *Crinipellis perniciosa* and *Verticillium dahlia* by acibenzolar-S-methyl (ASM). *Plant Pathology* 51:621-628.
- RESENDE, M. L. V. et al. 2010. Percepção, transdução e tradução de sinais para respostas de defesa contra patógenos em plantas. In: *Simpósio de Biologia Molecular da Resistência de Plantas a Patógenos: aplicações no manejo integrado de fitodoenças*, 1. Lavras, MG. pp.9-35.
- SANCHES, C. L. G. et al. 2008. Assessment of resistance to *Ceratocystis cacaofunesta* in cacao genotypes. *European Journal of Plant Pathology* 122:517-528.
- SANTOS, R. M. F. et al. 2012a. Identification, characterization and mapping of EST-derived SSRs from the cacao *Ceratocystis cacaofunesta* interaction. *Tree Genetics & Genomes* 10:117.
- SANTOS, R. M. F. et al. 2012b. Identification of QTLs linked to *Ceratocystis* wilt resistance in cacao. *Molecular Breeding* 4:30-38.
- SANTOS, R. M. F. et al. 2013. Kinetics and histopathology of the Cacao - *Ceratocystis cacaofunesta* interaction. *Tropical Plant Biology* 6:37-45.
- SILVA, S. D. V. M.; LUZ, E. D. M. N. 2000. *Ceratocystis fimbriata* em cacaueiros das variedades cultivadas na Bahia. *Fitopatologia Brasileira* 25:424.
- SILVA, S. D. V. M.; PAIM, M. C. A.; CASTRO, W. M. 2004. Cacao Jaca resistente a *Ceratocystis fimbriata* na região cacaueira da Bahia, Brasil. *Fitopatologia Brasileira* 29:538-540.
- SILVA, S. D. V. M. et al. 2006. Indicações de resistência à murcha-de-ceratocystis em genótipos de cacaueiros no sul da Bahia, Brasil. In: *Conferência Internacional de Pesquisas em Cacao*, 15. San José, Costa Rica. pp.9-14.
- SILVA, S. D. V. M. et al. 2012. Resistência de progênies de cacaueiro à murcha-de-Ceratocystis. *Tropical Plant Pathology* 37:191-195.
- SINGH, N. K.; BRACKER, C. A. 1987. Characterization of osmotin and thumatin-like protein associated with osmotic adaptation in plant cells. *Plant Physiology* 85(79):126-137.
- SINGH, B.; MAKKAR, H. P. S.; NEGI, S. S. 1989. Rate and extent of digestion and potentially digestible dry matter and cell wall of various tree leaves. *Journal of Dairy Science* 72(12):3233-3239.
- STINTZI, A.; HEITZ, T.; PRASAD, V. 1993. Plant Pathogenesis-Related proteins and their role in defense against pathogens. *Biochimie* 75:687-706.
- TUMURA, K. G.; DE PIERI, C.; FURTADO, E. L. 2012. Murcha por *Ceratocystis* em eucalipto: avaliação de resistência e análise epidemiológica. *Summa Phytopathologica* 38(1):54-60.
- VERICA, J. A. et al. 2004. Isolation of ESTs from cacao (*Theobroma cacao* L.) leaves treated with inducers of the defense response. *Plant Cell Report* 23:404-413.
- VRAIN, T. C. 1999. Engineering natural and synthetic resistance for nematode management. *Journal of Nematology* 31:424-436.
- WOLOSHUK, C. R.; MEULENHOF, J. S. 1991. Pathogen-induced proteins with inhibitory activity toward *Phytophthora infestans*. *Plant Cell* 3:619-628.
- YUN, D. J. et al. 1997. Stress proteins on the yeast cell surface determine resistance to osmotin, a plant antifungal protein. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 94:7082-7087.
- ZHU, B.; CHEN, T. H. H.; LI, P. H. 1995. Expression of three osmotin-like protein genes in response to osmotic stress and fungal infection in potato. *Plant Molecular Biology* (in press). ●

AVALIAÇÃO DE CLONES DE CACAUEIRO QUANTO A PRODUTIVIDADE E INCIDÊNCIA DE VASSOURA DE BRUXA E PODRIDÃO PARDA

Mariosvaldo Macêdo¹, Eimar Sampaio Rosa², Edna Dora Martins Newman Luz¹, José Luis Pires^{1*}

¹CEPLAC/CEPEC - km 22, Rod. Ilhéus/Itabuna, 45600-970, Ilhéus, Bahia, Brasil. ²Avenida Soares Lopes, 1628. Apart. 502 centro, 45652-065, Ilhéus, Bahia.

*Autor para correspondência

Foram avaliados, em um sistema de blocos incompletos, 179 clones de cacaueiro, em 79 locais, por um período de 11 anos. A maioria destes clones deriva de um processo de seleção para resistência e produtividade conduzido por toda a região cacaueira da Bahia, e foram aqui escolhidos os aparentemente mais promissores dentre os selecionados neste grande ciclo de seleção massal. Foram constatadas diferenças altamente significativas, entre os clones avaliados, para as variáveis: produção, número de vassouras vegetativas, número de vassouras de almofada floral e número total de vassouras, porcentagem de frutos com vassoura de bruxa e porcentagem de frutos com podridão parda. Diferentes clones tiveram diferentes evoluções para essas características com o aumento da idade, e houve diferenças na adaptação aos ambientes. Entre as variedades atualmente recomendadas pela Ceplac para plantio comercial, as com melhor produção foram: FA 13, SJ 02, CCN 51, PS 1319, CEPEC 2002, CCN 10 e Vencedora 20. CCN 51, SJ 02 e FA 13 tiveram médias de produção significativamente superiores à da variedade PS 1319. Também produziram significativamente mais que a variedade PS 1319 os clones PS 5785, VT 05, RLF 1938, VT 10, CSG 70, FL 89, SL 06, BN 34 e FL 76.

Palavras-chave: Melhoramento genético do cacaueiro, resistência à vassoura de bruxa, resistência à podridão parda, *Theobroma cacao*.

Evaluation of cocoa clones as to the productivity and incidence of witches' broom and black pod. It was evaluated 179 cocoa clones in an incomplete block design, in 79 locations, for a total period of 11 years. Most of these clones derive from a selection process for resistance and productivity conducted throughout the entire cocoa region of Bahia, and the apparently most promising among those selected in this great mass selection cycle were here chosen. Highly significant differences were found among the evaluated clones for the variables: production, number of vegetative brooms, number of floral cushion brooms and total number of brooms, percentage of fruits with witches' broom and percentage of fruits with black pod. Different clones had different evolutions for these characteristics with the increasing in age, and there were differences in adaptation for different environments. Among the varieties currently recommended by Ceplac for commercial planting, those with the best production were: FA 13, SJ 02, CCN 51, PS 1319, CEPEC 2002, CCN 10 and Vencedora 20. CCN 51, SJ 02 and FA 13 had production averages significantly higher than the variety PS 1319. The clones: PS 5785, VT 05, RLF 1938, VT 10, CSG 70, FL 89, SL 06, BN 34 and FL 76 also produced significantly more than the PS 1319 variety.

Key words: Cacao genetic improvement, Resistance to witches' broom, Resistance to black pod, *Theobroma cacao*.

Introdução

A chegada do agente causal da vassoura de bruxa na Bahia - a doença foi inicialmente descrita em 1895, no Suriname, durante os trinta anos seguintes foi registrada em todas as regiões produtoras próximas à Bacia Amazônica, e, em um segundo ciclo de expansão, quase 100 anos depois, é registrada no Panamá, em 1978, e, em 1989, na Bahia (Pereira, 1996), é elemento determinante na subsequente redução da produção nacional; e aciona dois grandes processos de melhoramento genético, a princípio distintos, e depois amalgamados em um grande programa de melhoramento que é conduzido pelo Centro de Pesquisa do Cacau (Cepec), da Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (Ceplac).

O primeiro destes é um amplo processo de seleção recorrente para produtividade e ampliação do nível e da durabilidade da resistência à vassoura de bruxa e outras doenças, pela associação de diferentes genes ligados a estes caracteres (Lopes et al., 2011; Benjamim et al., 2016; Pimenta Neto et al., 2018; Silva et al., 2010; Rodrigues, Pires & Luz, 2020; Yamada et al., 2014).

Este processo de seleção recorrente tem como fundamentação básica, em respeito à vassoura de bruxa, a existência de um grande número de diferentes fontes de resistência, com larga distinção em relação às médias gerais da espécie para vassouras na copa, almofadas florais e frutos, ampla diversidade entre elas (Pires, 2003), e ocorrência de diferentes genes de resistência (Albuquerque et al., 2010; Paim et al., 2006; Pires et al., 2012). Tem, ainda, como fundamentos o potencial de evolução do agente causal da doença e os riscos de se basear a resistência em uma única fonte, já em 2002, foi identificada a redução da resistência de descendentes de Scavina, a mais tradicional fonte de resistência à vassoura de bruxa (Bartley, 1994), e captado um processo de evolução do patógeno, que ocorreu concomitantemente com a intensificação de plantio de variedades com base de resistência do Scavina (Pires, 2003; Pires et al., 2012; Gramacho et al., 2012). Por fim, fundamenta-se, ainda, na comprovação da ampliação do nível e da durabilidade de resistência com a associação de diferentes genes, em áreas com evolução do patógeno, foi possível observar, quando da perda de efeito

significativo da herança de Scavina atuando individualmente, a simultânea preservação deste efeito significativo com a associação com outros genes de resistência (Pires et al., 2009).

Esta linha de trabalho levou ao estabelecimento de ensaios para seleção recorrente com aproximadamente 1000 progênies ao todo, e ensaios regionais para a avaliação de um total aproximado de 1000 clones. Sua seleção produzirá as novas gerações de variedades comerciais.

O outro grande processo de melhoramento genético conduzido na região foi uma seleção massal que se desenrolou com a participação de centenas de agricultores, trabalhadores rurais e funcionários da Ceplac, em centenas de propriedades rurais. Neste processo foram selecionadas plantas que se mostravam produtivas e sem, ou com poucos sintomas de vassoura de bruxa, em áreas fortemente contaminadas. Estas plantas foram clonadas, intercambiadas entre os agricultores, várias trazidas ao Cepec, muitas avaliadas como clone. São, via de regra, plantas selecionadas em áreas com antigas variedades híbridas distribuídas pela Ceplac. E a avaliação de 179 destes clones, pré-selecionados como os de melhores potenciais, é o tema deste trabalho.

Material e Métodos

Foram avaliados 179 clones cultivados em 79 fazendas da Região Cacaueira da Bahia, em um período de 11 anos, em um sistema de blocos incompletos, com cada clone avaliado em parte das fazendas e, muitos, em parte dos anos. A grande maioria dos clones avaliados deriva de um processo de seleção massal, para resistência à vassoura de bruxa e produtividade, conduzido por toda a região cacaueira da Bahia; e o estabelecimento do experimento foi feito tomando ao acaso 10 plantas de cada clone por fazenda. Tais clones já estavam estabelecidos, e foram escolhidos os genótipos mais promissores dentre os resultantes deste amplo ciclo de seleção massal.

Os primeiros ensaios desta rede de avaliação foram estabelecidos em 2004, em cinco locais em propriedades do grupo M. Libânio, em Gandu, Bahia, sendo depois a rede expandida para outros 13 municípios: Ibicarai, Juçari, Arataca, Barro Preto, Itabuna, Ilhéus, Camacan, Santa Luzia, São José da

Vitória, Itajuípe, Buerarema, Itapitanga e Uruçuca. A obtenção de dados foi finalizada no primeiro semestre de 2015.

Foram verificadas as datas de enxertia das plantas a serem avaliadas e obtidos dados mensais por planta do número de frutos sadios, com vassoura de bruxa, com podridão parda, mumificados e inaproveitáveis por outras razões; do número de vassouras vegetativas e do número de vassouras de almofada floral. Periodicamente, foram tomadas amostras de frutos para a determinação do peso médio de sementes úmidas por fruto, sendo este usado para a conversão do número de frutos produzidos em produção estimada, com o uso da constante 0,38 para a transformação do peso úmido de sementes por fruto em peso seco por fruto (Pires, 2003).

Para as análises dos dados de produção e de ocorrência de doenças foi usado o princípio de blocos ao caso, com as fontes de variação: idade da planta, período (safra e entressafra), ano de avaliação, fazenda ou área e clone, em um modelo fixo, por PROC GLM, SAS (SAS Institute INC., 1988).

Resultados e Discussão

Foram observados, com as fontes de variação: idade da planta, período (safra e entressafra), ano de avaliação, fazenda e clone, efeitos altamente significativos para produção (estimada pelo produto do número de frutos sadios pelo peso médio de sementes secas por fruto), número de vassouras vegetativas, número de vassouras de almofada floral e número total de vassoura; porcentagem de frutos com vassoura de bruxa e porcentagem de frutos com podridão parda (dados não apresentados).

Também foram altamente significativas as interações clone x idade, o que significa que diferentes clones tiveram diferentes evoluções para estas características com o aumento da idade. Como esperado, o mesmo ocorre para a interação clone x período, de forma que há clones com proporções diferentes para a produção na safra e no temporão e também com proporções diferentes para perda de fruto por doenças, e quantidade de vassouras nestes períodos.

Também as interações clone x ano e clone x fazenda foram altamente significativas para todas as variáveis, indicando diferenças na adaptação dos clones

para produção e níveis de doença em diferentes ambientes - fazendas e anos. A rede de ensaios contemplou grande diferenças de ambientes, com a maior parte dos ambientes em condições de cultivo não apropriadas, de forma que a seleção para melhores médias de produtividade, aqui, beneficia os genótipos com maiores estabilidades de produção.

As diferenças entre as médias gerais de todos os genótipos em todas as fazendas por todos os anos, na safra (setembro a fevereiro) e no temporão (março a agosto), apesar de significativas, foram numericamente pequenas: 34,05 e 35,00 arrobas, para mil plantas, 3,52 e 3,83 vassouras vegetativas por planta, 7,87 e 9,10 vassouras de almofada floral, para os períodos de safra e temporão, respectivamente. As proporções de perda de frutos foram de 11,45% e 9,56% para vassoura de bruxa e 8,88 % e 7,53 % para podridão parda, também respectivamente para safra e temporão (dados não apresentados).

Na Tabela 1 são apresentados os valores médios, conforme a idade e o ano, para o total por planta por semestre (período) para as características em estudo, a exceção de produção, cujas médias apresentadas são para o total de mil plantas, por ano, em arrobas. São relacionadas as médias observadas e as corrigidas pelo princípio de blocos incompletos para produção (Lsmeans, PROC GLM, SAS, SAS Institute INC., 1988) e somente as médias corrigidas para as demais características. Para comparações entre médias, são também apresentadas as Diferenças Mínimas Significativas (DMS), para 5% de probabilidade de erro, pelo teste de Tukey. Como os números de repetições por célula em análise (idade ou ano) são diferentes, as comparações deveriam ser individuais, por teste de T, com a consideração dos números de repetições específicos das duas médias comparadas, mas as tabelas para a apresentação dos resultados das comparações uma a uma seriam muito grandes, de modo que se usou o subterfúgio de calcular a Diferença Mínima Significativa a partir da média harmônica do número de repetição para as células e usá-lo nas comparações de qualquer combinação entre duas médias, como um valor aproximado para a análise das distinções.

A produção contabilizada parece atingir um pico com a idade de sete anos e depois decrescer (Tabela 1 – Produção por idade, média não corrigida). Esta

Tabela 1 - Médias para idade e o ano, corrigidas, para o total por planta por semestre (período) para vassouras vegetativas (VV), de almofada (VA), totais (VT), porcentagem de frutos com vassoura (PFVB), e com podridão parda (PFPP); produções médias anuais estimadas em arrobas por mil plantas, não corrigida (Prodncor) e corrigidas (Prod) e Diferenças Mínimas Significativas (DMS)

Idade	Prodncor	Prod	VV	VA	VT	PFVB	PFPP
3	34,43	30,68	2,85	6,04	8,89	14,23	6,38
4	45,50	42,95	2,93	5,76	8,69	9,82	6,00
5	56,26	53,54	2,42	5,00	7,42	10,16	5,52
6	63,61	61,84	3,03	6,06	9,09	9,73	5,35
7	68,61	66,94	4,07	7,23	11,30	9,61	6,40
8	61,37	71,36	4,65	7,60	12,25	10,29	7,53
9	56,26	73,12	4,76	7,28	12,04	10,97	7,10
10	62,12	79,44	4,73	8,32	13,05	11,56	4,86
11	61,68	82,03	5,85	7,95	13,80	10,91	5,26
12	53,21	80,36	7,02	11,89	18,91	12,38	5,18
13	55,71	85,20	3,74	11,51	15,24	11,33	2,71
14	61,17	86,58	2,43	10,53	12,96	8,45	3,14
15	49,33	83,57	-0,79	15,17	14,39	7,18	9,71
DMS		7,54	1,01	1,78	2,38	2,17	2,14

Ano	Prodncor	Prod	VV	VA	VT	PFVB	PFPP
2004	122,17	135,97	5,19	9,23	14,42	9,19	-0,08
2005	98,86	106,98	5,10	7,74	12,84	7,76	0,92
2006	83,91	85,39	4,67	8,09	12,76	11,74	1,00
2007	59,98	71,61	3,92	9,13	13,05	16,44	2,32
2008	54,83	60,60	4,86	7,89	12,75	9,19	-1,07
2009	52,70	53,34	4,73	8,90	13,63	12,28	1,18
2010	78,59	76,86	1,17	5,46	6,62	8,56	8,11
2011	51,22	43,48	2,17	9,73	11,90	11,20	15,39
2012	54,49	41,73	2,11	8,55	10,66	8,38	12,84
2013	38,39	19,82	4,55	11,24	15,79	10,08	17,37
2014	88,69	63,73	1,89	7,41	9,30	10,77	5,60
DMS		8,74	1,17	2,06	2,75	2,40	2,37

constatação errônea poderia prevalecer se as plantas fossem todas da mesma idade na rede de avaliação, e não pudéssemos extrair outro elemento primordial nesta média, que são as condições do ano (foram tomadas plantas já em cultivo para os ensaios e, portanto, de diferentes idades). Pelas médias de ano constata-se que houve piora nas condições de cultivo no decorrer dos anos (Tabela 1 – Produção por ano, média não corrigida e corrigida), quando cresce a proporção de plantas com maior idade, lembrando-se aqui que os ensaios seguiram as condições de manejo aplicadas, de forma geral, em cada propriedade. Assim, corrigida para as demais fontes de variação, a produção se mostra crescente até o décimo, décimo

primeiro ano e não se diferencia mais estatisticamente a partir daí, de forma que parece ser esta a tendência geral (Tabela 1 - Produção por idade, média corrigida).

Não houve qualquer tendência de aumento do número de vassouras ou de perda de frutos por vassoura de bruxa no decorrer dos anos, e as alterações parecem ser casuais, provavelmente devidas a variações do clima. Portanto, não há qualquer indicativo de tendência geral de perda de resistência. Para podridão parda houve uma concentração de anos com maior incidência entre 2011 e 2013.

Há uma clara tendência de aumento de vassouras de almofada floral e total de vassouras com a idade, mas isto pode se dever ao aumento de porte das plantas. E não há tendência de aumento de perda de frutos quer por vassoura de bruxa, quer por podridão parda.

As médias de fazenda ou local do ensaio variaram de 15,15 a 202,77 arrobas por mil plantas ano, quando corrigidas para clone, ano e idade; com uma DMS de 26,77 para Tukey, a 5% de probabilidade para o erro na afirmação de diferenças entre médias

(novamente calculado a partir da média harmônica do número de repetições de fazenda ou local). Para vassouras vegetativas as médias corrigidas variaram de -1,44 a 23,11 por planta por semestre, com uma DMS de 3,57 (a correção pode gerar números negativos, neste caso, por exemplo, para uma fazenda que teve muito pouca incidência de vassoura de bruxa e englobava genótipos e/ou anos com altas médias de vassoura de bruxa). Para vassouras de almofadas florais ocorreram médias de -5,01 a 45,46, com uma DMS de 6,32. Para vassouras totais as médias corrigidas estiveram entre -3,13 a 68,57, e a DMS foi de 8,43. Já para a perda de frutos, as médias com vassoura de bruxa foram de -7,12 a 35,23 %, com

uma DMS de 7,52, e com podridão parda, de -6,61 a 21,00%, com uma DMS de 7,43 (dados não apresentados).

Estas médias corrigidas representam as médias proporcionais esperadas se cada fazenda tivesse todos os clones avaliados, em todos os anos, com as mesmas idades. E mostram uma variação muito grande de condições de cultivo entre as diversas propriedades, o que, a princípio, é importante quando da busca de genótipos de elevada estabilidade de produção.

Quanto à produção, foram tomadas como referências as cinco primeiras variedades indicadas para plantio comercial na Bahia: Cepec 42, TSH 1188, EET 397, TSH 516 e TSH 565; e na Tabela 2 são listados todos os clones avaliados em pelo menos duas fazendas, cujas produções médias suplantaram em valor numérico a produção da referência com menor média, o TSH 565. As médias destes clones são comparadas, pelo teste de T, às das duas variedades comerciais primeiramente indicadas que mostraram as maiores produções: Cepec 42 e TSH 1188; e às de PS 1319 e CSG 70 – a apresentação dos resultados de todas as comparações resultaria em uma Tabela muito grande, e o uso de uma DMS a partir da média harmônica do número de repetições, de modo análogo ao feito anteriormente para ano e idade, geraria, neste caso, maiores distorções, por haver proporcionalmente mais diferenças para o número de repetições de clones do que havia para repetições de anos e de idades.

Nas análises das diferenças entre as produções, existe uma fonte de variação não computada para o cálculo das probabilidades de erro, que é o erro associado à transformação do número de frutos contabilizados em produção, pelo produto do número de frutos pelo peso médio de sementes úmidas por fruto e por 0,38, sendo este valor para a conversão de peso úmido em peso seco. A este respeito, tem-se que foram tomados, em média, 40 frutos por clone para a maioria dos genótipos e um número muito maior para os clones dos primeiros ensaios em Gandu; e para uma amostragem análoga a esta, conduzida na Coleção de Germoplasma do CEPEC, foi observado um coeficiente de correlação (Pearson) de 0,97, entre as médias obtidas para a produção em semente úmida e os valores resultantes do produto do número de frutos sadios pelo peso de sementes úmidas por fruto, calculado a partir das amostras (Pires, 2003). E a

correlação (Pearson) encontrada entre o peso de sementes úmidas e o peso de sementes secas por frutos foi de 0,95, também na Coleção de Germoplasma, em que se espera uma correlação menor que para o caso dos clones aqui avaliados, pela maior diversidade genética (Pires, 2003). Assim, as probabilidades de erro apresentadas na Tabela 2 são aproximações, mas obtidas a partir de indicadores eficientes.

Atualmente são recomendadas pela Ceplac para plantio comercial as variedades: SJ 02, Cepec 2002 ou VB 1151, CCN 51, PS 1319, PH 16, CP 49, Cepec 2007 ou VB 681, Ipiranga 1, FA 13, Vencedora 20 ou Ven 20, PH 09, CCN 10, LP 06, PH 15 Salobrinho 3 ou SAL 3 e BJ 11. E neste estudo as variedades com melhor desempenho foram: FA 13, SJ 02, CCN 51, PS 1319, CEPEC 2002, CCN 10 e Vencedora 20, todas com médias significativamente superiores às das variedades TSH 1188 e Cepec 42 e superiores ou não distintas da média da PS 1319. No polo oposto estiveram as variedades PH 09, CEPEC 2007 e PH 16, com médias não diferentes da do clone TSH 1188 e inferiores às do CEPEC 42 e do PS 1319 (Tabela 2).

As variedades comerciais CCN 51, SJ 02 e FA 13 tiveram médias significativamente superiores à da variedade PS 1319, que tem sido a variedade preferida de muitos agricultores. Neste ponto, tendo-se em conta que um dos objetivos deste artigo é ajudar aos agricultores nas escolhas das variedades a serem cultivadas em suas propriedades, por esta apresentação do desempenho comparativo para caracteres que não são facilmente observáveis, como são o porte, tamanho de frutos e sementes, arquitetura da planta, etc., faz-se importante uma consideração sobre probabilidade. Assim, por exemplo, pode-se dizer, com uma probabilidade de erro menor que cinco em 100 (a probabilidade calculada foi 1,09%) que o CCN 51 produziu mais que o PS 1319 (Tabela 2), e que se repetido o experimento centenas de vezes, o CCN 51 produziria mais que o PS 1319 em mais de 95 experimentos em cada 100. Por outro lado, o CCN 51 produziu 6,8% a mais que o PS 1319, e não podemos dizer que o primeiro produz 6,8% a mais que o segundo. Ou seja, o teste estatístico diz se uma média é diferente da outra, e não a dimensão exata da diferença.

Ainda, as comparações são válidas para o conjunto de ambientes considerados, que é muito amplo, mas

Tabela 2 - Médias de produção em arrobas por mil plantas dos clones avaliados em pelo menos duas fazendas cujas produções médias suplantaram em valor numérico a produção do TSH 565, comparadas, pelo teste de T, às dos clones: Cepec 42, TSH 1188, PS 1319 e CSG 70

Clone	NroFaz	Prod	TSH1188	CEPEC42	PS1319	CSG70
PS5784	2	225,72	**	**	**	**
VT05	3	207,63	**	**	**	**
RLF1938	2	184,55	**	**	**	**
VT10	3	158,18	**	**	**	*
FA13	6	150,16	**	**	**	ns
CSG70	6	142,70	**	**	**	.
FL89	2	120,44	**	**	**	*
SJ02	25	116,43	**	**	**	**
SL06	3	112,14	**	**	*	**
BN34	10	108,82	**	**	**	**
FL76	3	108,44	**	**	*	**
CCN51	55	99,34	**	**	*	**
MCB09	4	96,44	**	**	ns	**
FG110	4	93,69	**	**	ns	**
PS1319	21	93,02	**	**	.	**
PS1910	2	93,00	**	*	ns	**
CEPEC2002	28	91,95	**	**	ns	**
CCN10	32	91,25	**	**	ns	**
VEN20	7	90,85	**	**	ns	**
PS1030	2	90,82	**	ns	ns	**
PH114	5	88,75	**	*	ns	**
FSH42	2	86,41	**	ns	ns	**
JVP01	3	86,11	**	*	ns	**
FL78	4	85,06	**	**	ns	**
RVID08	9	81,54	**	*	**	**
CAMACAN1	7	80,56	**	ns	**	**
CP49	3	80,15	ns	ns	ns	**
CAE35	6	79,67	**	ns	**	**
AL50	4	78,24	*	ns	*	**
SC75	4	76,98	*	ns	**	**
CEPEC2004	4	76,88	*	ns	**	**
PH92	6	76,17	ns	ns	**	**
BJ11	12	75,35	**	ns	**	**
PH15	15	75,08	**	ns	**	**
SJ104	3	74,76	ns	ns	**	**
STACRUZ	4	73,66	ns	ns	*	**
SAL03	11	73,36	*	ns	**	**
T10	2	72,92	ns	ns	**	**
CEPEC42	19	72,75	**	.	**	**
MAR051	4	72,74	ns	ns	**	**
MAC01	5	72,62	ns	ns	**	**
PS1.6	2	72,03	ns	ns	**	**
LP06	11	71,98	ns	ns	**	**
PAIN9324	4	71,48	ns	ns	**	**
M05	3	70,59	ns	ns	**	**
PH129	5	70,36	ns	ns	**	**
FT500	3	69,93	ns	ns	**	**

Continuação da Tabela 2.

VB990	2	69,69	ns	ns	*	**
BP41	3	69,36	ns	ns	**	**
FSU01	2	68,87	ns	ns	**	**
T11	2	66,77	ns	ns	**	**
ST01	4	66,54	ns	ns	**	**
CEPEC2006	2	65,82	ns	ns	*	**
FB206	14	65,75	ns	ns	**	**
TSH1188	44	65,11	.	**	**	**
IPIRANGA	14	64,80	ns	ns	**	**
HW25	5	64,78	ns	ns	**	**
CEPEC2005	3	64,29	ns	ns	**	**
EQX107	3	64,14	ns	ns	**	**
FO30.9	2	61,46	ns	ns	**	**
PH09	11	61,03	ns	*	**	**
CCN16	3	60,93	ns	ns	**	**
CEPEC2007	6	60,70	ns	**	**	**
CA1.4	19	60,36	ns	**	**	**
EET397	22	59,17	*	**	**	**
SL70	3	58,01	ns	ns	**	**
SP50	4	57,96	ns	**	**	**
TSH516	20	57,87	**	**	**	**
TSA792	15	57,80	*	**	**	**
M20	2	56,98	ns	*	**	**
PH16	33	56,91	ns	**	**	**
RVID05	3	56,53	ns	**	**	**
TSH565	21	56,40	**	**	**	**

ns – diferença não significativa; * significativa para $p < 0,05$ e ** significativa para $p < 0,01$

ambientes específicos alterariam as proporções, conforme já discutido - interações clone x ano e clone x fazenda altamente significativas, indicando diferenças na adaptação dos clones estudados para os diferentes ambientes.

Além do CCN 51, do SJ 02 e do FA 13, também produziram significativamente mais que o PS 1319 os clones PS 5785, VT 05, RLF 1938, VT 10, CSG 70, FL 89, SL 06, BN 34 e FL 76; o que mostra que o grande processo de seleção massal conduzido na Bahia ainda pode resultar na indicação de novas variedades para cultivo comercial. Estes genótipos de maior produção foram repetidos em novos ensaios regionais, que estão em andamento, e vários, assim como as melhores variedades comerciais, foram incluídos como progenitores nos programas de seleção recorrente conduzidos no Cepec (Rodrigues, Pires & Luz, 2020). Ainda, dentre os clones presentes em apenas uma propriedade, alguns tiveram médias estimadas superiores a 100 arrobas por mil plantas e estão sendo

avaliados nos novos ensaios: NSV 04, MAR 028, NSV 10, OCC 01.

Sobre a metodologia para a avaliação, a estrutura experimental permitiu a constatação de diferenças estatísticas entre médias com diferenças numéricas não muito grandes, mesmo para o caso de clones com poucas repetições de locais. Por exemplo, o clone VT 10, avaliado em três fazendas, diferiu significativamente do CSG 70, avaliado em seis, com uma média 11% maior (Tabela 2).

Mas, outra consideração acerca destes resultados parece necessária: a possibilidade de desvios nas correções de médias pelo princípio de Blocos Incompletos, quando ocorrem interações significativas. Por exemplo, o clone referência Cepec 42 produziu, em valores não corrigidos para a média das 19 fazendas onde foi avaliado, 74,08 arrobas por mil plantas (não apresentado), que foram corrigidas para 72,75 arrobas (Lsmeans, PROC GLM, SAS, SAS Institute INC., 1988). Já o clone BN 34,

reconhecidamente produtivo, teve uma média de produção de 62,20 arrobas (não apresentado), que foi corrigida para 108,82 arrobas, sendo esta larga correção devida principalmente ao fato que as plantas de BN 34 tiveram dados computados também quando eram muito novas. Esta correção para o BN 34 foi em um montante proporcional ao que se espera, em média, para o aumento de produção com a idade, de forma que a diferença de sua média em relação à do Cepec 42 pode estar superestimada, se o BN 34 for mais precoce que o Cepec 42, ou subestimada, se for o contrário (na verdade o BN 34 parece ter produção precoce). Por outro lado, não há nada que sugira que os clones listados como de boa produção, de modo geral, não o sejam.

Para a incidência de vassoura de bruxa, as diferenças entre os clones avaliados, apesar de altamente significativas, não foram muito grandes. E tem-se que, as primeiras variedades clonais recomendadas para plantio comercial descendem do clone Scavina 6, coletado nos primeiros trabalhos voltados a busca de resistência às doenças do cacaueteiro, na década de 1930, no Peru (Pound, 1938). Este mesmo clone e, certamente, alguns descendentes foram utilizados como progenitores de variedades híbridas distribuídas pela Ceplac, e as seleções em fazendas devem, em sua maioria ou totalidade, serem descendentes de Scavina. O clone Scavina 6 tem se mostrado como portador de dois alelos maiores para resistência, cujos efeitos, em diferentes localidades da região cacaueteira da Bahia, vêm sendo quebrados quando um alelo atua individualmente, mas preservado quando em associação com outro gene ou alelo de resistência (Pires, et al., 2009; Pires et al., 2012; Gramacho et al., 2012; Pimenta Neto et al., 2018). E mesmo sem quebra de resistência, descendentes de Scavina, apesar de diferirem muito de materiais tidos como não resistentes em termos de perda de frutos por vassoura de bruxa em níveis médios de pressão de inóculo, diferem pouco quando sob alta pressão de inóculo (Pires, 2003). Já uma herança de resistência reconhecidamente diferente da de Scavina ocorre nos clones da série CCN (Pires et al., 2012), provavelmente derivada de um clone do Equador de nome Canelos.

As médias de incidência de vassoura de bruxa dos clones anteriormente listados são apresentadas na Tabela 3, e, novamente, para evitar tabelas muito grandes, foi calculada a Diferença Mínima Significativa

a partir da média harmônica do número de repetições. Isto para uma comparação aproximada entre estas médias, mas as DMS são fortemente superestimadas para comparações entre clones avaliados em muitas fazendas e subestimados para comparações entre clones avaliados em poucas.

Para a soma das vassouras vegetativas e de almofada floral (VT), os melhores desempenhos entre os clones de maior produção (produção maior ou não diferente da do PS 1319) foram os do PH 114, CCN 10, CSG 70, BN 34, CCN 51, RLF 1938, Cepec 2002, FL 76, Vencedora 20 (VEN 20), SJ 02 e PS 1030. Os de maiores valores numéricos para a média do total de vassouras entre os mais produtivos foram: SL 06, JVP 01, VT 10, MCB 09, PS 1319 e PS 1910.

Das primeiras variedades indicadas, todas tiveram mais de 10 vassouras por planta por semestre, sendo os piores resultados os do EET 397 e do TSH 516 e o melhor o do Cepec 42.

Independente da produção as menores incidências foram as nos clones: PH 114, SL 70, MAC 01, FB 206, ST 01, Santa Cruz, e FSU 01. As maiores foram as nos clones: SL 06, FT 500, EQX 107, EET 397, CA 1.4, JVP 01 e TSH 516.

No geral, houve uma variação do total de vassouras por planta/semestre de -0,22 a 27,76, sendo a maior parte devida às diferenças quanto ao número de vassouras de almofada floral: de -0,37 a 23,45 vassouras/planta/semestre. Uma variação muito maior já foi citada para as médias de fazendas: de -5,01 a 45,46 vassouras de almofada floral por planta/semestre. E registra-se que os processos de redução do padrão de resistência de descendentes de Scavina por mudança populacional do fungo parecem ocorrer principalmente com vassouras de almofadas florais (Pires, 2003; Pires et al., 2012).

Os melhores desempenhos para a variável número de vassouras de almofada floral entre os clones de produção maior ou não diferente da do PS 1319 foram os do PH 114, CSG 70, RLF 1938, BN 34, CCN 10, SJ 02, CCN 51, Vencedora 20, Cepec 2002, PS 1030, FL 76 e FA 13. Os clones com maiores números de vassouras de almofada floral entre os mais produtivos foram: SL 06, JVP 01, VT 10, MCB 09, FG 110, PS 1910, PS 1319 e FL 789.

Novamente as primeiras variedades indicadas, a exceção do Cepec 42, estiveram entre os clones com

Tabela 3 - Médias corrigidas de clones para o total por planta por semestre (período) para vassouras vegetativas (VV), de almofada (VA), totais (VT), porcentagem de frutos com vassoura (PFVB), e com podridão parda (PFPP); produções médias anuais corrigidas em arrobas por mil plantas (Prod) e Diferenças Mínimas Significativas (DMS)

Clone	NroFaz	Prod	VV	VA	VT	PFVB	PFPP
PS5784	2	225,72	3,61	7,57	11,18	8,86	9,08
VT05	3	207,63	3,43	7,56	10,99	7,40	5,23
RLF1938	2	184,55	3,39	4,15	7,54	5,80	3,55
VT10	3	158,18	4,23	11,13	15,36	15,00	6,42
FA13	6	150,16	3,79	6,57	10,36	8,00	2,23
CSG70	6	142,70	4,65	1,89	6,54	4,76	1,26
FL89	2	120,44	3,02	7,52	10,54	7,05	-1,38
SJ02	25	116,43	4,55	4,70	9,25	7,18	2,35
SL06	3	112,14	4,31	23,45	27,76	2,66	2,47
BN34	10	108,82	2,53	4,20	6,72	9,37	0,97
FL76	3	108,44	2,04	6,56	8,60	7,42	2,89
CCN51	55	99,34	2,12	5,19	7,31	7,28	4,62
MCB09	4	96,44	3,79	10,60	14,39	20,70	6,49
FG110	4	93,69	1,94	8,77	10,71	6,72	3,67
PS1319	21	93,02	4,67	8,27	12,94	11,20	5,52
PS1910	2	93,00	3,86	8,45	12,31	12,16	4,06
CEPEC2002	28	91,95	2,34	6,16	8,50	10,03	6,27
CCN10	32	91,25	1,80	4,60	6,39	9,42	4,55
VEN20	7	90,85	2,63	6,04	8,67	7,96	-1,57
PS1030	2	90,82	2,82	6,53	9,36	7,07	4,35
PH114	5	88,75	0,15	-0,37	-0,22	4,85	3,24
FSH42	2	86,41	2,83	7,53	10,35	7,58	0,16
JVP01	3	86,11	6,09	12,69	18,78	15,28	7,47
FL78	4	85,06	2,02	8,09	10,12	6,22	-3,08
RVID08	9	81,54	3,15	8,01	11,16	10,45	8,24
CAMACAN1	7	80,56	2,71	8,95	11,66	6,58	2,23
CP49	3	80,15	3,51	7,46	10,98	17,98	21,55
CAE35	6	79,67	3,40	6,27	9,67	9,27	5,66
AL50	4	78,24	3,19	6,52	9,71	8,58	1,68
SC75	4	76,98	4,36	6,89	11,25	13,23	10,41
CEPEC2004	4	76,88	3,82	13,17	16,99	11,29	5,96
PH92	6	76,17	2,97	14,28	17,25	8,69	2,31
BJ11	12	75,35	2,62	5,97	8,60	12,99	4,65
PH15	15	75,08	3,06	6,50	9,56	9,18	4,62
SJ104	3	74,76	3,79	9,26	13,05	12,64	5,55
STACRUZ	4	73,66	1,20	3,67	4,86	7,82	5,14
SAL03	11	73,36	2,31	4,43	6,73	11,99	6,83
T10	2	72,92	0,21	7,73	7,95	6,09	4,35
CEPEC42	19	72,75	3,56	6,54	10,10	14,16	4,80
MAR051	4	72,74	1,65	4,32	5,97	7,70	4,60
MAC01	5	72,62	0,54	2,56	3,10	2,62	2,25
PS1.6	2	72,03	3,05	4,64	7,69	9,85	-0,04
LP06	11	71,98	5,99	8,33	14,32	10,28	3,11
PAIN9324	4	71,48	6,74	10,25	16,99	12,04	7,66
M05	3	70,59	2,27	6,32	8,58	7,96	4,08
PH129	5	70,36	3,94	7,59	11,53	10,48	7,19
FT500	3	69,93	11,08	12,14	23,21	15,17	4,42
VB990	2	69,69	2,90	7,59	10,49	9,51	5,22
BP41	3	69,36	2,11	3,52	5,63	7,43	11,13
FSU01	2	68,87	1,23	4,12	5,35	8,07	0,76

Continuação da Tabela 3.

T11	2	66,77	1,80	9,58	11,38	1,87	6,94
ST01	4	66,54	2,44	0,96	3,40	8,71	-2,70
CEPEC2006	2	65,82	3,27	6,66	9,93	9,44	4,16
FB206	14	65,75	0,95	2,37	3,32	8,85	10,99
TSH1188	44	65,11	2,66	10,42	13,08	7,76	3,59
IPIRANGA	14	64,80	3,14	6,36	9,50	8,50	5,28
HW25	5	64,78	2,33	6,32	8,65	7,21	3,22
CEPEC2005	3	64,29	3,89	8,95	12,83	9,04	8,02
EQX107	3	64,14	1,43	20,33	21,75	5,86	2,66
FO30.9	2	61,46	4,50	13,28	17,78	12,60	7,92
PH09	11	61,03	5,84	10,89	16,73	17,67	8,94
CCN16	3	60,93	2,51	6,96	9,48	11,71	10,59
CEPEC2007	6	60,70	2,23	4,11	6,34	4,50	4,08
CA1.4	19	60,36	3,41	16,07	19,48	14,69	3,46
EET397	22	59,17	4,90	15,11	20,01	15,79	6,08
SL70	3	58,01	2,56	-0,38	2,18	6,84	8,13
SP50	4	57,96	2,46	4,17	6,64	5,55	1,47
TSH516	20	57,87	5,09	13,63	18,72	12,94	6,40
TSA792	15	57,80	2,77	8,30	11,07	12,00	8,53
M20	2	56,98	1,75	7,96	9,71	8,41	1,58
PH16	33	56,91	1,92	3,99	5,90	12,34	7,10
RVID05	3	56,53	2,05	6,46	8,51	7,82	6,90
TSH565	21	56,40	2,91	9,58	12,48	16,16	7,58
DMS			3,63	7,33	9,55	8,87	8,72

maiores números de vassoura, com o EET 397 e o TSH 516 apresentando, outra vez, os piores resultados para o grupo. E tendo este material comprovadamente mudado de patamar de resistência em alguns locais, com a evolução do patógeno (Pires, 2003; Pires et al., 2012), seu desempenho médio comparativamente inferior indica que isto deve ter ocorrido em vários locais. Tal mudança populacional do fungo foi, obviamente, resultado do cultivo em maior escala destas variedades, e um cultivo em grande escala ocorre hoje com o PS 1319, que também esteve entre as variedades mais afetadas pela vassoura.

Por outro lado, há clones certamente descendentes de Scavina com significativamente menos vassouras, e a preservação do padrão de resistências de alguns descendentes de Scavina, enquanto outros o perdem, foi observada quando da associação de Scavina com outras fontes de resistência (Pires et al., 2009), de forma que os clones de melhor desempenho devem ter genes ou alelos, de grandes ou pequenos efeitos, a mais ou diferentes dos que acompanham a herança de Scavina nestes materiais menos resistentes.

No geral, as menores incidências foram as nos clones: SL 70, PH 114, ST 01, CSG 70, FB 206, MAC 01, BP 41, Santa Cruz, e PH 16. As maiores foram as de: SL 06, EQX 107, FB 206, CA 1.4, EET 397, PH 92, TSH 516, FO 30.9, Cepec 2004 e JVP 01.

Para o número de vassouras vegetativas, cujas médias estiveram entre 0,15 e 11,8 vassouras/planta/semestre, os melhores desempenhos entre os das variedades mais produtivas foram os dos clones: PH 114, CCN 10, FG 110, FL 78, FL 76, CCN 51, Cepec 2002, BN 34, e Vencedora 20. Os piores foram os dos clones: JVP 01, PS 1319, CSG 70, SJ 02, SL 06 e VT 10, mas todos tiveram menos de 6,1 vassouras/planta/semestre. E apenas um clone, dentre todos os listados, teve média superior a 10 vassouras por planta por semestre, o FT 500. Também para as primeiras variedades só houve destaque negativo para o TSH 516 e o EET 397.

As porcentagens médias de perda de frutos por vassoura não foram muito altas, variando de 1,87 a 20,70. Mas a presença, novamente, das variedades mais cultivadas, PS 1319 e primeiras variedades resistentes, a exceção do TSH 1188, entre os

materiais com maiores perdas, confirma a importância dos processos de seleção recorrente que estão sendo conduzidos pelo Cepec para a ampliação do nível e da durabilidade da resistência à vassoura de bruxa e outras doenças, pela associação de diferentes genes ligados a estes caracteres (Lopes et al., 2011; Benjamim et al., 2016; Pimenta Neto et al., 2018; Silva et al., 2010; Rodrigues, Pires & Luz, 2020; Yamada et al., 2014).

Dentre os clones que tiveram as produções mais altas, as menores porcentagens de perda de frutos por vassoura foram as de: SL 06 (um dos com maior número de vassouras totais), CSG 70, PH 114, RLF 1938, FL 78, FL 89, SJ 02, CCN 51, VT 05 e FL 76. Já as maiores foram de: MCB 09, VT 10, PS 1910, PS 1319, e Cepec 2002.

No geral, os mais baixos valores foram apresentados pelos clones: T 11, MAC 01, SL 06, Cepec 2007, CSG 70, PH 114, SP 50, PH 114, RLF 1938 e Eqx 107. Os valores mais altos foram os de: MCB 09, CP 49, PH 09, TSH 565, EET 397, JVP 01, FT 500, VT 10, CA 1.4 e Cepec 42.

Para a perda de frutos por podridão parda, também apresentada na Tabela 3, houve médias corrigidas de clones entre -3,08 e 21,55%, e, dentre os clones de maiores produções, as menores porcentagens de perda de frutos por vassoura foram as do FL 78, Vencedora 20, FL 89, FSH 42, BN 34, CSG 70, FA 13, SL 06, FL 76, PH 114, RLF 1938, FG 110 e PS 1910. As maiores foram as dos clones: PS 5784, JVP 01, MCB 09, e VT 10.

Para todos os clones listados, FL 78, ST 01, Vencedora 20, FL 89, PS 1.6, FSH 42, FSU 01, BN 34 e CSG 70 tiveram as menores médias de perda, e CP 49, BP 41, FB 206, CCN 16, SC 75, PS 5784 as maiores.

Entre as primeiras variedades indicadas o TSH 1188 teve a menor média de perdas, e não houve uma clara distinção para a incidência de podridão parda nestas variedades em relações aos demais clones.

Conclusões

Há grandes diferenças entre os clones avaliados, para as variáveis: produção, número de vassouras vegetativas, número de vassouras de almofada floral, porcentagem de frutos com vassoura de bruxa e porcentagem de frutos com podridão parda; e diferentes

clones evoluíram de maneira diferente para as características consideradas, com o aumento da idade.

Ocorrem diferenças entre clones quanto à adaptação para produção e incidência de doença para os diferentes ambientes.

Entre as variedades atualmente recomendadas pela Ceplac para plantio comercial as variedades com maior produção foram: FA 13, SJ 02, CCN 51, PS 1319, CEPEC 2002, CCN 10 e Vencedora 20.

Produziram significativamente mais que a variedade PS 1319, uma referência para alta produtividade, as variedades comerciais FA 13, CCN 51 e SJ 02, e os clones PS 5785, VT 05, RLF 1938, VT 10, CSG 70, FL 89, SL 06, BN 34 e FL 76, o que ilustra que o processo de seleção massal conduzido em propriedades rurais na Bahia ainda pode levar a indicação de novas variedades para plantio comercial.

A estrutura experimental utilizada para a avaliação dos clones mostrou-se eficiente, permitindo a diferenciação estatística para diferenças numéricas de produção não muito grandes, mesmo para o caso de repetições de clones em poucos locais.

Agradecimentos

Agradecemos aos cacauicultores e trabalhadores rurais da região cacauera da Bahia pelo trabalho de seleção da maioria dos clones aqui avaliados, aos cacauicultores por permitirem a condução deste estudo em suas propriedades e ao FINEP e MAPA pelo financiamento das atividades de avaliação.

Literatura Citada

- ALBUQUERQUE, P. S. B. et al. 2010. Novel sources of witches' broom resistance (causal agent *Moniliophthora perniciosa*) from natural populations of *Theobroma cacao* from the Brazilian Amazon. *Euphytica* (Netherlands) 172(1):125-138.
- BARTLEY, B. G. 1994. A review of cacao improvement. Fundamental methods and results. In: *Proceedings of the International Workshop on Cocoa Breeding Strategies*, Kuala Lumpur, Malaysia, 1994. pp.16.
- BENJAMIM, C. S. et al. 2016. Cacao families and parents selected as resistant to natural infection

- of *Moniliophthora perniciosa*. Crop Breeding and Applied Biotechnology (Brasil) 16(2):141-146.
- GRAMACHO, K. P. et al. 2012. Breakdown of Scavina resistance in Bahia caused by the evolution of *Moniliophthora perniciosa*. In: 17th International Cocoa Research Conference, 2012, Yaounde Cameroon. Proceedings. Lagos, Nigeria, COPAL.
- LOPES, U. V. et al. 2011. Cacao breeding in Bahia, Brazil: Strategies and results. Crop Breeding and Applied Biotechnology (Brazil) 11(SPE):73-81.
- PAIM, V. R. L. M. et al. 2006. Sources of resistance to *Crinipellis perniciosa* in progenies of cacao accessions collected in the Brazilian Amazon. Scientia Agricola (Brasil) 63(6):572-578.
- PEREIRA, J. L. 1996. Renewed advance of Witches' broom disease of cocoa: 100 years later. In: 12th International Cocoa Research Conference, 1996. Salvador, Brazil, Proceedings. Lagos, Nigeria, COPAL.
- PIMENTA NETO, A. A. et al. 2018. Selection of cocoa progenies for resistance to witches' broom. Tropical Plant Pathology 43:381-388.
- PIRES, J. L. 2003. Avaliação quantitativa e molecular de germoplasma para o melhoramento do cacauero com ênfase na produtividade, qualidade de frutos e resistência a doenças. Tese Doutorado. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 326p.
- PIRES, J. L. et al. 2009. 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, Bali, Indonésia. 2009. Proceedings. Lagos Nigeria: COPAL/CATIE. pp.431-435.
- PIRES, J. L. et al. 2012. New genes of resistance to witches' broom identified by the behavior of different clones over time In: 17th International Cocoa Research Conference. 2012. Proceedings. Lagos, Nigeria, COPAL.
- POUND, F. J. 1938. Cacao and witches' broom disease of South America, with notes on other species of *Theobroma*: report on a visit to Equator, the Amazon Valley and Colombia, April 1937-April 1938. Port of Spain. 58p.
- SAS INSTITUTE INC. 1988. SAS/STAT User's Guide. Release 6.03. Cary, NC: SAS Institute Inc. pp.1028
- SILVA, S. D. V. M. et al. 2010. Parent selection for cocoa resistance to witches' broom. Pesquisa Agropecuária Brasileira 45(7):680-685.
- RODRIGUES, G.; PIRES, J. L.; LUZ, E. D. M. N. 2020. Association of genes from different sources of resistance to major cacao diseases. Revista Ceres (Brasil) 67:383-394.
- YAMADA, M. M. et al. 2014. Ocorrência de vassoura-de-bruxa em progênies de cacauero selecionadas pelo programa de melhoramento na Estação Experimental Joaquim Bahiana. Agrotrópica (Brasil) 26(3):197-202.



DIVERSIDADE GENÉTICA E HERANÇA DE CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE FRUTOS E SEMENTES DO CACAUEIRO

José Luis Pires, Wilson Reis Monteiro

Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira, Centro de Pesquisa do Cacau, Ilhéus, Bahia, Brazil.
joseluiszoegapires@gmail.com; wrmwr2@gmail.com

Para o cacau, as características: peso da semente, peso de sementes por fruto, peso total de fruto e proporção de mucilagem são importantes para o melhoramento genético, pois são fatores de produção e estão relacionados à distribuição de fotoassimilados. Além disso, são relevantes devido às exigências da indústria e ao impacto que exercem sobre os processos de colheita e pós-colheita. Dessa forma, 536 acessos preservados na Coleção de Germoplasma do Centro de Pesquisa do Cacau, em Ilhéus, Bahia, foram avaliados quanto a essas características. Para investigar a importância da avaliação de germoplasma para estes atributos, também foram avaliados dez ensaios de campo para avaliação de progênies, abrangendo dezenas de combinações. Os resultados mostraram que a maioria dos grupos considerados promissores para fornecer genes de resistência à vassoura de bruxa e à podridão parda, bem como para o aumento do teor de gordura, apresentam frutos e sementes pequenas. Os caracteres analisados podem ser usados como elementos de caracterização de acessos, e permitem uma distinção clara entre séries de diferentes origens. Foi possível identificar diferenças na capacidade geral de combinação para características físicas dos frutos e sementes, mesmo entre grupos de clones com alta uniformidade. Também foram observados efeitos significativos da capacidade específica de combinação para o peso de uma semente e para o peso de sementes por fruto. Por fim, as distinções entre genótipos *per se* mostraram-se eficientes como indicadores de diferenças na capacidade geral de combinação para o peso de sementes e o peso de sementes por fruto, evidenciando a importância dessa avaliação na seleção de progenitores e mostrando a possibilidade de melhoramento genético para estes caracteres.

Palavras-chave: *Theobroma cacao*, melhoramento genético, características físicas de fruto e semente.

Genetic diversity and inheritance of physical characteristics of fruits and seeds of the cocoa tree. For cocoa, the characteristics: seed weight, seed weight per fruit, total fruit weight, and mucilage proportion are crucial for genetic improvement, as they are production factors and are associated with the distribution of photoassimilates. These traits are also important due to industry requirements and their impact on harvesting and post-harvest processes. To assess these characteristics, 536 accessions for the germplasm collection of the Cocoa Research Center in Ilhéus, Bahia, were evaluated. Additionally, ten field trials for progeny evaluation, including dozens of combinations, were analyzed to investigate the importance of germplasm assessment for these traits. The study revealed several key findings: most of the groups identified as potential sources of genes for resistance to Witch's broom and Black pod diseases, as well as for increased fat content, have small fruits and seeds. The evaluated traits serve as valuable descriptors for characterizing accessions and effectively distinguishing different origin series. Furthermore, differences in general combining ability for fruit and seed physical traits can be detected even among highly uniform clone groups. Significant effects of specific combining ability were also observed for the weight of a seed and for the weight of seeds per fruit. Additionally, differences between genotypes *per se* serve as effective indicators of differences in general combining ability for seed weight and seed weight per fruit, reinforcing the importance of these evaluations for selecting progenitors and showing the possibility of genetic improvement for these characters

Key words: *Theobroma cacao*, genetic improvement, physical characteristics of fruit and seed.

Introdução

Algumas características de frutos e sementes do cacaueiro são importantes para o melhoramento, por constituírem fatores de produção, por serem relativos à distribuição de fotoassimilados e aproveitamento de produto, por exigências da indústria ou por facilitarem ou dificultarem processos de colheita e práticas de pós colheita, como é o caso do peso da semente, do peso da semente por fruto, do peso total de fruto e da proporção de mucilagem.

Estes fatores têm, tradicionalmente, sido considerados como caracterizadores (Engels et al., 1980; ICGD, 2024) e, para tal, a obtenção de seus valores é minuciosa, demandando grandes esforços, o que resulta na impossibilidade de se considerar um grande número de acessos a cada período de tomada de dados. Nesta estrutura, se houver efeito de época na determinação dos caracteres, a comparação de genótipos só será apropriada entre aqueles caracterizados nos mesmos períodos, e a comparação entre um grande número de genótipos é inviabilizada. Assim, são abordados, aqui, procedimentos de avaliação destes caracteres, conduzidos de forma simplificada, de modo que um grande número de genótipos possa ser considerado simultaneamente e possam ser adequadamente comparados.

Também, não foram, até então, explicitadas definições claras sobre as formas de se conduzir processos de melhoramento genético para estes caracteres, e assim, com o objetivo de estruturar elementos básicos sobre este tema, foi estudada a importância da realização da avaliação de germoplasma para a seleção de genótipos para a introdução em programas de melhoramento, ou a eficiência da seleção de clones a serem progenitores em processos de seleção recorrente, pela comparação do desempenho ‘per se’ de acessos com suas capacidades gerais de combinação, analisada a relação entre estes caracteres, para a seleção conjunta, estudada a distribuição destas características na espécie, para a definição de regiões mais promissoras para prospecções, identificados genótipos de destaque, para a introdução nos programas de melhoramento, analisada a possibilidade de se utilizar estes caracteres avaliados como caracterizadores, e estudados os efeitos da capacidade geral e específica de combinação entre genótipos.

Materiais e Métodos

Material

Coleção de germoplasma

Foram avaliados 536 acessos, preservados na coleção de germoplasma do CEPEC. Esta coleção, que possui aproximadamente 1.300 acessos, tem os de introdução mais antiga (grupo a que pertencem os considerados neste estudo) cultivados em fileiras de 10 plantas por acesso, em espaçamento de 3 x 3 metros, com os acessos distribuídos paralelamente, formando blocos com aproximadamente 60 elementos, que se sucedem, intercalados por ruas para manejo e escoamento.

Os caracteres considerados no processo de avaliação foram o peso de uma semente úmida (PSU), o peso de uma semente seca (PSS), o peso de sementes úmidas por fruto (PSUF), o peso total de fruto (PF), a relação semente seca/semente úmida ($RSSSU = PSS/PSU$) e o peso de semente seca por fruto ($PSSF = PSUF \times RSSSU$) (pesos em gramas).

A avaliação das características consideradas foi realizada a partir de amostras obtidas de plantas individuais, em três períodos de safra (final do ano) e um de temporão (meio do ano). A amostragem consistiu-se da colheita de todos os frutos maduros disponíveis de cada uma de 5 plantas tomadas ao acaso nas fileiras e marcadas para a avaliação, pesagem dos frutos inteiros (todos juntos) e pesagem do total de sementes dos frutos colhidos. Deste total de sementes de cada planta foram tomadas 40 e pesadas, em conjunto, ainda com a mucilagem. Essa mucilagem foi removida para a secagem da semente, em estufa a 105 graus centígrados por 24 horas. As sementes, agora com teor de umidade de aproximadamente 0% foram, novamente, pesadas e os pesos unitários obtidos pela divisão do valor observado pelo número de sementes da amostra.

Ensaios de avaliação de progênes híbridas

Para o estudo da importância da avaliação de germoplasma em respeito à seleção de genótipos para a introdução em programas de melhoramento (avaliação das relações entre o desempenho “per se” de clones e sua capacidade geral de combinação) foram analisados, para as variáveis PSU, PSS e RSSSU, dois ensaios de avaliação de cultivares

híbridas, denominados no CEPEC de ensaios 4 e 32, ambos cultivados em delineamento em blocos ao acaso e estruturados como fatoriais (pais e mães), com 5 repetições por progênie e 16 plantas por parcela (Monteiro et al, 1995). Do ensaio 4, foram consideradas as combinações entre os clones DR 2, ICS 1 e UF 613 com os clones SIC 2, 4, 17, 23 e, ainda, dos clones ICS 1 e UF 613 com os clones SIC 5, 19, 20, 21, 22, 24, 813 e 823, e do ensaio 32 as combinações de Ca 4, Ma 15, ICS 1 e UF 613 com IMC 67, Pound 12 e Pa 150.

Foram tomadas amostras de 30 sementes de cada parcela em duas épocas para o ensaio 4 (safra e temporão) e uma época para o ensaio 32. Cada semente foi pesada individualmente, inicialmente com mucilagem, em seguida e ainda úmida, sem mucilagem com e sem testa, e por fim, novamente sem testa, após secagem a 105 graus centígrados por 24 horas. As 30 testas secas foram pesadas conjuntamente. Considerou-se como PSU o peso da semente sem testa e a RSSSU foi obtida a partir da relação PSS/PSU, enquanto que na avaliação de germoplasma o PSS incluía o peso de testa. O peso proporcional da testa, no entanto, tem pouca variação entre progênies (a proporção do peso de testa para o de semente completa seca variou de 4,75% a 6,93% nos dois ensaios - Pires et al 1995, 1995a) de modo que as comparações entre os valores obtidos na avaliação de germoplasma e na de progênies não sofre limitações expressivas.

A relação entre o desempenho “per se” de clones e o comportamento destes como progenitores também foi avaliada para a variável PSUF. Para tal, foram considerados dados de peso de sementes úmidas por planta e número de frutos sadios, que geraram o PSUF, agora obtido de todos os frutos colhidos por árvore, em colheitas mensais, nos ensaios 1, 33, 34, 35, 37, 40, 41 e 42 (para o ensaio 1 o PSUF foi obtido a partir da relação entre os totais anuais de parcela para PSU e NFS; para os ensaios 33, 34, 35 e 37 a partir dos totais anuais por planta e para o conjunto 40, 41 e 42 a partir dos totais por planta/colheita). Estes experimentos foram conduzidos no CEPEC e dispostos em blocos ao acaso com 5 repetições de 16 plantas (ensaios 1, 33, 34, 35, 40, 41 e 42) ou 8 de 10 plantas (ensaio 37) e foram instalados, entre os anos 1975 e 1983 (Monteiro et al, 1995).

O ensaio 1 envolve todas a combinações entre os clones CC 41, CEPEC 1, SIAL 169 e SIC 19; o ensaio

33 é um fatorial que tem como mães os clones IMC 67, Pound 1 e Scavina 6 e como pais o CEPEC 11, 12 e 14; o ensaio 34 é formado pelas mães SIAL 169, 325, 327, 88, SIC 22, 23, 24 e 329 e pelos pais ICS 1 e PA 150; o 35 pelas mães ICS 1, 6, IMC 67, UF 613 e 667 e pais SIAL 169, SIC 250, 831 e 891; o 37 pelas mães ICS 6, SPA 17, UF 296 e pais EEG 65, SIAL 244 e SIC 18; e os ensaios 40, 41 e 42 são constituídos, conjuntamente, pelos cruzamentos entre as mães AB 1, Be 2, 3, 4 e 5, Ca 2, Ma 12 e 14, RB 40 e 48 e os pais ICS 1, 8, SIAL 325 e SIC 19.

Foram consideradas as médias anuais de parcela para o ensaio 1, as médias anuais por planta para o 33, 34, 35 e 37 e o valor por colheita/planta para os ensaios 40, 41, 42 (6 colheitas), sendo analisados dados dos anos 1986/87 e 89/90 para o ensaio 1, 82 a 88 para o 33, 85 a 87 para o 34, 84 a 88 para o 35, 85 a 87 para o 37 e 89 para o 40, 41 e 42.

Análises

Qualidade dos dados da avaliação de germoplasma

A avaliação das características consideradas foi realizada a partir de amostras obtidas de plantas que não estão casualizadas em campo e, para dimensionar a magnitude das possíveis distorções produzidas por esta situação, foram realizadas análises independentes para um grupo de 21 genótipos, que são representados na coleção por mais de uma fileira. Estas análises foram efetuadas tomando-se, ao acaso, ora uma ora outra de duas fileiras de cada genótipo considerando-se como fontes de variação o período de amostragem, o acesso e a interação acesso x período de amostragem; e a partir destas foram observadas as correlações entre as médias ajustadas de fileiras de genótipos repetidos, e os coeficientes de determinação relativos a repetibilidade das médias conforme os métodos de análise de variância, componente principal e análise estrutural (Cruz e Regazzi, 1977; Cruz, 1997).

Distinções entre acessos e grupos de acessos

As distribuições de frequência das variáveis consideradas foram analisadas através do uso do Teste de Kolmogorov-Smirnov (PROC UNIVARIATE - SAS Institute, 1988) e a homogeneidade de variâncias através do teste de Bartlett (Martin, 1995). As diferenças entre acessos foram estudadas através de

análises de variância, segundo modelo em que foram considerados como fontes de variação o período de amostragem, os acessos e a interação entre eles, todos admitidos como fixos (PROC GLM - SAS Institute, 1988), e as médias ajustadas foram obtidas reduzindo-se o modelo para efeitos de período e acessos, de modo a tornar todas elas e todos os contrastes entre acessos e entre períodos estimáveis. Para a análise das diferenças entre grupos de genótipos, grupos estes constituídos conforme relação em respeito à origem (de acordo com ICGD, 2024) (Tabela 1), o modelo usado contemplou como fontes de variação a época de amostragem, o grupo de acessos, os acessos dentro de grupo, a interação entre época e grupo e a interação entre época e acessos dentro de grupo, todos considerados como fixos (PROC GLM - SAS Institute, 1988).

Nas duas situações, cada variável foi, também, analisada como medidas repetidas em modelo multivariado (cada qual seccionada conforme as 4 épocas e analisadas como 4 variáveis usando PROC GLM – MANOVA, para a interpretação dos efeitos de acesso ou grupo e acesso e PROC GLM – REPEATED, para a consideração dos efeitos de época e interações).

O estudo dos grupos incluiu, ainda, a consideração dos caracteres simultaneamente, através de análise multivariada (PROC GLM/MANOVA - SAS Institute, 1988) e análise de variáveis canônicas (PROC CANDISC – SAS Institute, 1988), conduzidas a partir das médias ajustadas obtidas nas análises univariadas, com os grupos como fonte de variação e os diversos clones dentro de grupos como repetições destes.

Relações entre o desempenho “per se” de clones e a capacidade geral de combinação

Para a análise desta relação foram correlacionados valores obtidos da avaliação ‘per se’ de clones na coleção de germoplasma e médias de progenitores observados em ensaios de avaliação (já explicitados).

O ensaio 4 foi analisado tendo-se como fontes de variação a época, o bloco, o grupo 1 (clones: DR2, ICS3 e UF 613), o grupo 2 (progenitores da série SIC), a interação grupo 1 x grupo 2, semente dentro de grupo 1 x grupo 2, e as interações: época x grupo 1, época x grupo 2, época x grupo 1 x grupo 2 e época x semente dentro de grupo 1 x grupo 2 (PROC GLM – SAS

Tabela 1 - Relação dos grupos estudados

Procedência	Grupo	Descrição
Amazônia brasileira	ABR	Materiais da Amazônia brasileira - séries: Ob, CAB, Mocorongo, IQ, SE, AB, AM
Bahia	BAH	Seleções em variedades da Bahia e Espírito Santo - séries: SIC, SIAL, EEG, CEPEC
Pará	BE	Série BE
Amazonas	CA	Série CA
Pará- Est. exp.	CAS	Série CAS
Costa Rica	CC	Série CC
Equador - híbridos	CCN CEQ	Série CCN Série CEPEC - família de origem desconhecida
Bahia - híbridos	CHC	Série CEPEC – híbridos de Criollo
Amapá	CJ	Série CJ
Acre	CSU	Série Cruzeiro do Sul
Bahia - híbridos	CTF	Série CEPEC - híbridos Trinitário x Forastero
Equador	EET	Série EET
Granada	GS	Série GS
Trinidade	ICS	Série ICS
Peru - Amazônia	IMC	Série IMC
Amazonas	MA	Série MA
México	MEX	Série P
Equador	MOQ	Série Moq
Peru - Amazônia	NA	Série NA
Venezuela	OC	Série OC
Peru - Amazônia	PA	Série PA
Peru - Amazônia	PER	Genótipos do Peru - séries: Amazon, Mo
Peru - Amazônia	POU	Série Pound
Acre	RB	Série RB
México	RIM	Série RIM
Colômbia	SC	Série SC
Peru - Amazônia	SCA	Série Scavina
Varias	SDE	Genótipos descendentes do clone Scavina 6 - Séries: TSA, TSH, CEPEC, EET
Guatemala	SGU	Série Sgu
Colômbia	SPA	Série SPA
Costa Rica	UF	Série UF
Venezuela	VE	Genótipos da Venezuela - séries: Chuao, Choroní, PQTO, Playa Alta.

System –SAS Institute 1988); e as médias ajustadas de progenitores foram obtidas com a redução do modelo, pela desconsideração das interações e efeito de planta. O ensaio 32 foi analisado em modelo com blocos, grupo 1 (Ca 4, Ma 15, ICS 1 e UF 613), grupo 2 (IMC 67, Pound 12 e Pa 150) e interação grupo 1 x grupo 2 como fontes de variação.

Os ensaios 33, 34, 35 e 37, cujos tratamentos considerados formam estruturas fatoriais, foram analisados tendo como fontes de variação o ano, bloco, mãe, pai, interação mãe x pai, planta dentro de mãe x pai e as interações ano x pai, ano x mãe, ano x pai x mãe e ano x planta dentro de pai x mãe (PROC GLM – SAS System – SAS Institute, 1988) e as médias ajustadas de tratamentos (mãe x pai), os quadrado médios e números de graus de liberdade dos resíduos, e as médias harmônicas para os números de repetições que geraram as médias de tratamentos, foram usadas para análises de dialelos pelo modelo de Griffing (CRUZ, 1997). Analogamente, o ensaio 1, que é um dialelo desbalanceado completo e inclui auto-fecundações e recíprocos, foi analisado, primariamente, tendo como fontes de variação o ano, bloco, pai, mãe e interações ano x pai, ano x mãe, ano x pai x mãe; e, em seguida, conforme metodologia de Griffing (Cruz e Regazzi 1997; Cruz, 1997).

Os ensaios 40 41 e 42 formam, conjuntamente, um esquema fatorial e têm duas testemunhas comuns não participantes deste fatorial. Estes ensaios foram analisados em conjunto, tendo como fontes de variação o ensaio, bloco dentro de ensaio, tratamento, planta dentro do tratamento e as interações ensaio x tratamentos comuns e ensaio x planta dentro de tratamentos comuns. A partir desta análise foram obtidos o quadrado médio e o grau de liberdade do resíduo, a média harmônica do número de repetições para tratamento, e as médias ajustadas de tratamento (obtidas com a redução do modelo pela desconsideração das interações) (PROC GLM – SAS System – SAS Institute, 1988), que formaram os elementos para a análise de dialelo parcial pelo modelo de Griffing (Cruz, 1997). Neste caso, para a comparação entre médias de progenitores e médias de clones “per se”, as médias dos progenitores foram obtidas diretamente a partir das médias ajustadas de tratamentos.

Resultados e Discussão

Qualidade dos dados da avaliação de germoplasma

Para dimensionar a magnitude das possíveis distorções produzidas pela não casualização das plantas avaliadas, foram realizadas análises independentes para um grupo de 21 genótipos (séries: Be, Ca, CEPEC, Cruzeiro do Sul, Iq, Mocarongo, Pa, Pound, RB, RIM, SIC e SPA), que são representados na coleção por mais de uma fileira. As análises foram efetuadas tomando-se, ao acaso, ora uma ora outra de duas fileiras de cada genótipo, nos moldes utilizados para o estudo do conjunto geral de acessos (fontes de variação: períodos de amostragem, acesso e interação acesso x período de amostragem). Em ambas as situações, com o primeiro ou segundo e distinto grupo de 21 fileiras representantes dos 21 acessos, foram encontradas diferenças significativas entre os genótipos ao nível de 0,01% de probabilidade de erro para esta afirmação, para todos os caracteres considerados: peso de uma semente úmida (PSU), peso de uma semente seca (PSS), peso de sementes úmidas por fruto (PSUF), peso total de fruto (PF), relação semente seca/semente úmida ($RSSSU = PSS/PSU$) e peso de semente seca por fruto ($PSSF = PSUF \times RSSSU$) (para as variáveis PSU, PSS, PSUF e PSSF os valores foram transformados através da obtenção de suas raízes quadradas, para aproximar as curvas de distribuição de frequências de curvas de distribuição normal, e este aspecto será discutido com detalhes, posteriormente, nas análises das diferenças entre acessos e grupos de acessos).

As correlações entre as médias de fileiras ajustadas para efeitos do período de amostragem (correção efetuada devido ao número diferente de medições e obtida com a redução do modelo para duas fontes de variação: período e genótipo - LSMEANS – SAS Institute, 1988), para cada uma das situações, foram (Métodos de Spearman e Pearson, respectivamente): 0,98 e 0,99 para o PSU; 0,97 e 0,99 para o PSS; 0,94 e 0,95 para PSUF e 0,95 e 0,95 para o PF, todas significativas a 0,01% de probabilidade de erro, e as variáveis PSU e PSS alcançaram, com uma única fileira, coeficientes de determinação (R^2), relativos à repetibilidade, entre 0,95 e 0,99 conforme os métodos de análise de variância, componente principal e análise

estrutural (Cruz e Regazzi, 1977; Cruz, 1997), enquanto as variáveis PSUF e PF apresentam R^2 entre 0,90 e 0,99 para avaliações de uma única fileira. Estes valores elevados mostram ampla concordância entre médias das diferentes fileiras dos mesmos genótipos, reduzida troca de posição hierárquica entre as médias e confiabilidade satisfatória na análise das diferenças entre materiais.

A variável mais importante dentre as constituídas a partir de relações entre as anteriores, o peso de semente seca por fruto, preservou elevados coeficientes de correlação: 0,92 e 0,95 para os métodos de Spearman e Pearson, respectivamente, e a avaliação de uma única fileira resultou em coeficientes de determinação entre 0,90 e 0,99. Já a variável RSSU mostrou correlações de 0,87 e 0,88 (Spearman e Pearson, respectivamente) e um R^2 para a avaliação de uma única fileira entre 0,85 e 0,90. Assim, esta deve ser interpretada com maior cautela, mesmo tendo em conta que as distinções mais acentuadas entre suas médias resultam não somente de possíveis maiores efeitos de posição, mas, também, da eficiência em sua medição. A razão é que há grandes e rápidas alterações no teor de umidade da polpa durante a fase final de amadurecimento do fruto, de modo a gerar grandes diferenças entre frutos colhidos em uma mesma época, conforme seu grau de amadurecimento. Esta menor eficiência de medição é constatada por menores valores de R^2 (relação entre a soma de quadrados do modelo e a soma de quadrados totais) e, portanto, resíduos, proporcionalmente, mais amplos: $R^2 = 0,64$ e $0,69$ para RSSU nas duas análises, enquanto PMSU e PMSS tiveram R^2 superiores a 0,94, PSF e PF superiores a 0,76 e PSSF superior a 0,74.

Resíduos proporcionalmente maiores geram diferenças mínimas significativas proporcionalmente mais amplas, de modo que a aceitação da diferença entre médias requer distinções maiores e isto se contrapõe aos baixos coeficientes de correlação e repetibilidade observados para a RSSSU, ampliando a confiabilidade na interpretação das distinções (maior variação dentro de fileira servindo como contrabalanço dos possíveis maiores efeitos de posição).

A variável PSSF inclui na sua formação a RSSSU, mas preserva elevada repetibilidade por ser determinada principalmente pelo PSUF: coeficientes de correlação e determinação iguais a, respectivamente, 0,94 e 0,88; enquanto que a RSSSU explica apenas

0,07 da variação de PSSF. Estes valores já são provenientes do conjunto geral de acessos avaliados (médias ajustadas), e a determinação do PSUF na variável PSSF é relacionada à elevada correlação existente entre as variáveis PSU e PSS, diretamente mensuradas: $r = 0,95$; o que mostra que a primeira é um indicador eficiente da segunda. Outras associações importantes, todas, assim como as anteriores, significativas a 0,01% de probabilidade, são: frutos maiores e com maiores pesos de sementes tendem a ter sementes maiores (coeficientes de correlação entre PSU e PSS com PSUF superior a 0,80, com PF superiores a 0,71 e com PSSF superiores a 0,77), o que simplifica o melhoramento para estes caracteres em conjunto; a RSSSU tem coeficientes de correlação baixos com os variáveis primárias que a originam: – 0,10 com PSU e 0,18 com PSS.

Ainda analisando a qualidade dos dados, foi avaliada a repetibilidade entre amostras obtidas em um único período (foi considerado o período de safra do 2º ano de avaliação) e entre as médias dos diferentes períodos para 100 acessos tomados ao acaso. Com cinco amostras dentro de um mesmo período foram obtidos coeficientes de determinação (pelos métodos de análise de variância, primeiro componente principal e análise estrutural) entre 96% e 97% para PSU e PSS e, neste caso, duas repetições seriam o suficiente para superar o nível de 90% de determinação; entre 91% e 92% para PSUF; entre 92 e 93% para PF; entre 88 e 89% para PSSF e entre 85 e 87% para RSSSU; mostrando-se a variável RSSSU menos confiável (a média de frutos por amostra foi de 14,4 para a safra do 2º ano e de 10,6 para os quatro períodos, considerando-se todos os acessos avaliados).

Os quatro períodos de avaliação levaram a coeficientes de determinação entre 98 e 99% para as variáveis PSU e PSS e, com a exclusão da única avaliação feita na entre-safra (temporão), as três restantes resultam nos mesmos valores. Um único ano seria suficiente para prever o valor real com coeficiente de determinação superior a 90%, de modo que duas amostras/ano de 40 sementes em um único período de safra podem representar um método rápido e de baixa demanda de esforços para a avaliação de peso da semente em coleções de germoplasma.

As mensurações diretas de fruto (PSUF e PF) alcançaram coeficientes de determinações entre 94 e

95%, com os quatro períodos, e entre 94 e 96%, com os três períodos de safra. Dois períodos de safra resultariam em R^2 superior a 90%, de modo que, para a análise do peso de frutos e sementes úmidas por fruto, poderia ser sugerida a utilização de quatro ou cinco repetições em dois períodos de safra. Dois períodos de safra seriam também suficientes para atingir níveis de R^2 superiores a 0,90 para a variável PSSF, para a qual foram observados coeficientes entre 92 e 94% para os quatro períodos e entre 93 e 94% para os três períodos de safra. Já a RSSSU, necessitou dos quatro períodos para atingir R^2 entre 89 e 90%, alcançando apenas 84 a 86% com os três períodos de safra.

A repetibilidade alcançada é, obviamente, relativa às condições específicas do experimento, o que inclui o número médio de frutos amostrados, de modo que as sugestões, quando da avaliação de outras coleções, devem ser encaradas apenas como um elemento de referência, e ajustadas para cada condição, por exemplo através de análises da repetibilidade, a medida que os dados vão sendo obtidos. As amostras foram obtidas de frutos formados por polinização não controlada, mas houve o cuidado de se escolher épocas em que houvesse um número elevado de frutos e as amostras de sementes foram obtidas de misturas de frutos, para se evitar possíveis efeitos da fonte de pólen, embora, quando analisados, estes efeitos não foram significativos para as variáveis consideradas (Pereira et al, 1994).

Distinções entre acessos e grupos de acessos

As distribuições das variáveis consideradas foram constadas como distintas da distribuição normal pelo Teste de Kolmogorov-Smirnov (PROC UNIVARIATE - SAS Institute, 1988) ao nível de 1% de probabilidade de erro, com as curvas de frequência mostrando, de modo geral (com a exceção da RSSSU), um desvio relativamente pronunciado no sentido de valores mais altos (D para PSU, PSS, RSSSU, PSUF, PF e PSSF, respectivamente 0,080; 0,098; 0,034; 0,086; 0,072 e 0,070). Optou-se, então, pela transformação das variáveis PSU, PSS, PSUF, PF e PSSF através da obtenção de suas raízes quadradas. Este tipo de transformação tem a vantagem de permitir fácil interpretação das médias, pelo dimensionamento aproximado do que seriam os valores não transformados e, embora seja, na verdade, indicado

para dados de contagem (Johnson e Wichern, 1999), resultou, aqui, em ampla redução dos desvios (viés) unilaterais das curvas de frequências (D para PSU, PSS, PSUF, PF e PSSF, respectivamente 0,052; 0,067; 0,049; 0,041 e 0,034), apesar dos testes de Kolmogorov-Smirnov terem continuado a mostrar diferenças significativas (isto em razão, também, do número elevado de dados, o que torna o teste muito rigoroso).

Mais delicado é o aspecto de que as variâncias dos diversos acessos foram constatadas como não homogêneas pelo teste de Bartlett (Martin, 1995). Tal fato, no entanto, é intrínseco às análises desejadas, estando relacionado às dimensões do estudo. A princípio, aumentando-se o número de tratamentos amplia-se a probabilidade de se alcançar valores mais extremos de variância, e esta pode sofrer efeito de escala, tendo relação com a média dos genótipos. Para dois genótipos com variação proporcionalmente igual (mesmo CV) a relação entre as duas variâncias (maior sobre a menor) é igual ao quadrado da relação entre as médias. Assim, se há médias que se distinguem na razão de mais que 2,65 vezes, e mesmo CV, a relação entre as variâncias suplantará 7 vezes (valor considerado como limite para adequação por Gomes, 1990).

Na verdade, com maiores médias, esperam-se menores CVs – efeito Roginskii-Yablokov (Lynch e Walsh, 1998), mas, no trabalho em questão, que, pela grande diversidade armazenada na coleção, engloba freqüentes distinções superiores ao valor discutido, há a preservação de algum efeito de escala. Como exemplo, temos que, para PSU, cujos valores extremos (não ajustados) são 1,49g (RB 37) e 6,66g (UF 667) e a média 3,36, as médias para os 40 genótipos de maior variância e os 40 de menor foram, respectivamente: 4,26g e 2,37g (as outras variáveis também mostraram amplas diferenças entre os dois grupos: PSS – 1,52 e 0,87g; PSUF – 146,02 e 87,98g; PF – 668,322 e 486,99g; PSSF – 53,07 e 32,13g, respectivamente). Desta forma, as características do material estudado impedem que todos os acessos sejam analisados simultaneamente e estes foram divididos, para cada variável, em grupos, de forma a que os maiores valores de variância dentro de acesso não suplantassem em 7 vezes os menores.

Dois grupos, um com maiores variâncias e outro com menores, comportaram, respectivamente, 442 e 94 acessos para a variável PSU (5635 e 1338 observações), 408 e 132 para o PSU (5192 e 1779

observações), 417 e 117 para a RSSSU (5429 e 1439 observações), 482 e 61 para o PSUF (6466 e 861 observações), 475 e 67 para o PF (6403 e 942 observações), 442 e 98 para o PSSF (5584 e 1327 observações).

As análises de variância, segundo o modelo em que foram considerados como fontes de variação o período de amostragem, acessos ajustados para efeito de período e a interação entre eles, ajustada para os anteriores, todos considerados como fixos (PROC GLM - SAS Institute, 1988), mostraram diferenças significativas a, no máximo, 5% de probabilidade de erro para todos os efeitos com todas as variáveis e grupos (mais precisamente, para o grupo de menores variâncias a interação foi significativa a 0,38% para PMSUF, a 1,11% para PMF e a 0,35% para PSSF, enquanto que para todas as demais variáveis, grupos e efeitos as diferenças foram significativas a 0,01%). Confirmando estas informações tem-se que, com cada variável analisada como medidas repetidas em modelo multivariado (cada qual seccionada conforme as quatro épocas e analisadas como quatro variáveis usando PROC GLM – MANOVA, para a interpretação dos efeitos de acesso e PROC GLM – REPEATED, para a consideração dos efeitos de época e interação época x acesso), os resultados obtidos foram semelhantes: todos os efeitos para todas as variáveis e grupos foram significativos a 0.01% pelo teste de Wilks. Esta metodologia, não requer homogeneidade para as matrizes de covariância dos diversos tratamentos (em medidas repetidas, as correlações entre medidas podem diferir para diferentes épocas) e uniformidade da matriz comum de covariâncias; e deve ser a escolhida quando da ocorrência de influência destes fatores na diferenciação dos resultados do método univariado em relação a esta (Danford et al., 1960; Littell et al., 1996). Ressalta-se, no entanto, que, no estudo em questão, diferenças podem ser geradas, também, pelo fato de que, com a utilização da metodologia multivariada há uma considerável redução do número de observações, visto que são eliminadas da análise todas aquelas para as quais há um dado perdido em qualquer época (os dados das outras três épocas são eliminados).

Reduzindo-se o modelo univariado para efeitos de período e acessos ajustados para período, de modo a tomar todas as médias e contrastes possíveis entre acessos e entre períodos estimáveis, verifica-se para

o período de entre safra frutos maiores (PF), com maior peso de semente (PSUF e PSSF) e com sementes maiores (PSU e PSS), o que é coerente com o menor número de frutos no período e, portanto, menor competição por fotoassimilados (considerando o limite de 5% de significância o período de entressafra não foi significativamente diferente para PSU e PSS dos dois últimos períodos de safra com o grupo de variâncias menores e para PSS do último período de safra com o grupo de maiores variâncias – não apresentado). Já para a variável RSSSU, os maiores valores foram observados com o primeiro período de safra (não distinto do último para o grupo 2 – menores variâncias).

As distinções entre períodos, mesmo de safra em diferentes anos, associadas à significância dos efeitos da interação entre períodos e acessos ilustra a existência de limitações nos processos tradicionais de caracterização de germoplasma de cacau para os descritores usuais (ICGD, 2024), análogos às características aqui avaliadas: pesos e dimensões de fruto e semente. Esta caracterização é minuciosa e demanda grandes esforços, o que resulta na impossibilidade de avaliar um grande número de acessos a cada período e na necessidade de coleta de frutos por períodos longos em proporções diferentes para cada genótipo.

A redução do modelo foi repetida para a estimação das médias de clones e é, aqui, necessária, porque, com a consideração da interação acessos x época, os contrastes entre médias, ou as médias obtidas por LSMEANS/PROC GLM - SAS Institute (1988), que gera os valores de classes e sub-classes que seriam esperados para um desenho balanceado, não são estimáveis quando da presença de células vazias: ausência de dados sobre um clone em um período. Com a redução do modelo, as médias de clones são ajustadas apenas para período, o que mantém a coerência entre a forma de estimação das médias e as análises de variância com o modelo completo, no qual foram consideradas as correções de cada efeito apenas pelos que o precedem (Soma de quadrados Type 1 - SAS Institute, 1988).

Em respeito às distinções entre acessos, as Tabelas 2 e 3 apresentam os 40 materiais com os valores mais favoráveis (médias ajustadas) para cada uma das variáveis, assim como valores aproximados de DMS

Tabela 2 - Médias ajustadas de acessos de cacaueros para os caracteres: peso de uma semente úmida (PSU), peso de uma semente seca (PSS), relação semente seca / semente úmida (RSSU); e os respectivos grupos de variâncias residuais.

CLONE	PSU	GR	CLONE	PSS	GR	CLONE	RSSU	GR
UF 667	2,59	1	RIM 76	1,52	1	IAC 1	0,44	1
UF 650	2,53	1	UF 677	1,52	1	CC 34	0,43	1
UF 221	2,51	1	ICS 60	1,52	1	BE 5	0,43	1
UF 677	2,50	1	UF 667	1,51	1	SIC 812	0,42	1
CEPEC 532	2,50	1	SGU 50	1,51	1	SIC 801	0,42	1
CC 11	2,49	1	UF 650	1,51	1	SIC 891	0,42	1
ICS 40	2,47	1	CC 11	1,50	2	SIC 842	0,42	2
UF 654	2,46	1	UF 221	1,50	1	CEPEC 10	0,42	1
ICS 39	2,46	1	ICS 39	1,49	1	SIAL 512	0,42	1
ICS 60	2,45	1	UF 10	1,48	1	ICS 16	0,42	1
RIM 76	2,45	1	UF 654	1,48	1	LARANJA 2	0,41	1
UF 668	2,44	1	ICS 40	1,48	1	SIC 813	0,41	1
UF 12	2,42	1	ICS 78	1,48	1	CEPEC 538	0,41	1
SGU 50	2,41	1	UF 168	1,47	1	SIAL 325S1	0,41	1
UF 10	2,40	1	UF 11	1,47	1	CC 10	0,41	2
UF 11	2,39	1	UF 12	1,47	1	SIAL 2	0,41	2
ICS 47	2,35	1	CC 10	1,47	1	CEPEC 88	0,41	1
UF 168	2,32	1	UF 668	1,46	1	CEPEC 41	0,41	1
ICS 6	2,32	1	DES 267	1,46	1	SIC 961	0,41	2
CEPEC 514	2,32	1	CEPEC 532	1,46	1	SIC 864	0,41	2
ICS 78	2,32	2	CEPEC 514	1,45	1	CJ 8	0,41	1
ICS 75	2,31	1	ICS 48	1,44	1	DES 267	0,41	1
CC 10	2,30	1	ICS 47	1,38	1	SIC 872	0,41	2
DES 267	2,29	1	ICS 75	1,38	1	ICS 78	0,41	1
ICS 48	2,28	1	SC 49	1,38	1	SIC 848	0,41	2
OC 66	2,27	1	EET 59	1,36	2	SIAL 910	0,41	1
UF 708	2,27	2	UF 708	1,36	2	SIC 823	0,40	1
CEPEC 67	2,25	1	ICS 16	1,35	1	SIC 806	0,40	2
RIM 8	2,23	1	RIM 8	1,35	1	UF 168	0,40	1
ICS 9	2,23	1	GS 29	1,35	1	ICS 48	0,40	1
SCR 4	2,22	1	CC 18	1,35	1	SIAL 698	0,40	1
CEPEC 501	2,22	1	OC 66	1,34	2	CEPEC 534	0,40	1
ICS 89	2,21	1	OC 61	1,34	1	SIC 831	0,40	2
GS 29	2,21	1	RIM 117	1,34	1	SIC 439	0,40	1
SC 49	2,21	1	SCR 4	1,33	1	RB 41	0,40	1
CEPEC 68	2,20	1	GW 1	1,33	2	CEPEC 28	0,40	1
22 P	2,20	1	ICS 9	1,33	1	CJ 9	0,40	1
EET 59	2,18	1	10 P	1,33	2	IQ 1	0,40	2
10 P	2,17	2	ICS 6	1,32	1	EEG 50	0,40	1
RIM 9	2,17	2	RIM 41	1,32	1	SIAL 581	0,40	1
MÉDIA*	1,81	1	MÉDIA*	1,09	1	MÉDIA*	0,37	1
MÉDIA*	1,69	2	MÉDIA*	1,05	2	MÉDIA*	0,37	2
DMS-TUKEY 5%	0,21	1	DMS-TUKEY 5%	0,13	1	DMS-TUKEY 5%	0,06	1
DMS-TUKEY 5%	0,13	2	DMS-TUKEY 5%	0,08	2	DMS-TUKEY 5%	0,04	2

* Média geral de todos os genótipos avaliados do grupo.

(diferença mínima significativa a 5% de probabilidade) obtidos, para cada grupo, a partir da média harmônica do número de repetições dos diversos genótipos (no modelo não reduzido), uma vez que as comparações dois a dois requeridas para esta situação, em que os números de

repetições são diferentes, geraria matrizes de probabilidade com dimensões excessivamente grandes, o que dificultaria muito a discussão dos resultados.

Há nítido destaque de genótipos procedentes da América Central, México, Caribe e Venezuela

Tabela 3 - Médias ajustadas de acessos de cacaueiros para os caracteres: peso de sementes úmidas por fruto (PSUF), peso total de fruto (PF), e peso de semente seca por fruto (PSSF); e os respectivos grupos de variâncias residuais

CLONE	PSUF	GR	CLONE	PF	GR	CLONE	PSSF	GR
UF 677	15,32	1	CCN 34	38,95	1	UF 677	9,38	1
CCN 51	15,04	1	LAFI 7	36,55	1	ICS 60	9,25	1
ICS 6	14,87	1	TSH 1188	34,03	1	RIM 76	9,06	1
ICS 40	14,83	1	UF 677	32,71	1	DES 267	9,03	1
ICS 39	14,79	1	UF 613	32,51	1	CEPEC 31	8,99	1
UF 650	14,72	1	SNK 12	32,01	2	ICS 39	8,95	2
RIM 76	14,69	1	RIM 76	31,99	1	UF 650	8,94	1
UF 668	14,67	1	OC 66	31,81	1	SGU 50	8,90	1
TSH 1188	14,62	1	UF 710	31,32	1	ICS 40	8,87	1
CCN 34	14,61	2	UF 708	31,05	1	UF 668	8,83	1
ICS 60	14,55	1	IMC 30	31,05	1	CCN 34	8,81	2
UF 710	14,49	1	MOQ 417	30,71	1	CC 18	8,73	1
CEPEC 532	14,47	1	UF 668	30,62	1	UF 654	8,69	1
LAFI 7	14,46	1	CEPEC 522	30,57	1	UF 12	8,66	1
UF 654	14,41	1	ICS 39	30,55	1	UF 10	8,64	1
SGU 50	14,36	1	UF 650	30,44	1	UF 168	8,57	1
UF 667	14,29	1	CEPEC 31	30,36	1	CC 11	8,55	1
UF 12	14,23	1	BE 9	30,24	1	CEPEC 49	8,54	1
DES 267	14,22	1	SGU 60	29,98	1	CCN 51	8,52	1
CC 11	14,12	1	SC 49	29,96	1	ICS 78	8,50	1
TSH 565	14,07	1	CCN 51	29,94	1	ICS 6	8,49	1
CC 18	14,00	1	UF 20	29,92	2	UF 11	8,47	1
ICS 47	13,92	1	ICS 6	29,80	1	ICS 48	8,45	1
CEPEC 49	13,84	1	CEPEC 514	29,73	1	UF 710	8,44	1
IMC 30	13,84	1	IMC 67	29,73	2	UF 667	8,35	1
CEPEC 31	13,82	1	ICS 40	29,72	1	CEPEC 514	8,28	1
CEPEC 50	13,75	1	MOQ 647	29,70	1	CEPEC 532	8,26	1
UF 11	13,75	1	CC 11	29,45	1	CEPEC 50	8,24	1
RIM 8	13,71	1	CEPEC 5	29,39	1	TSH 1188	8,23	1
UF 613	13,66	1	ICS 60	29,34	1	UF 613	8,23	1
CEPEC 29	13,60	1	CEPEC 531	29,33	1	ICS 47	8,19	1
UF 221	13,55	1	CEPEC 27	29,26	1	UF 708	8,19	1
UF 10	13,54	1	IMC 76	29,23	1	CC 10	8,18	1
UF 168	13,52	1	COJON TORO	29,12	1	22 P	8,14	1
ICS 48	13,47	2	SGU 50	29,11	1	RIM 113	8,12	1
TSA 792	13,43	1	RIM 44	29,06	1	UF 221	8,09	1
RIM 113	13,42	1	UF 168	29,04	1	RIM 44	8,08	1
CEPEC 59	13,40	1	UF 667	29,04	1	CEPEC 29	8,08	1
CEPEC 514	13,35	1	CEPEC 86	29,03	2	ICS 16	8,07	2
ICS 78	13,35	1	CEPEC 33	29,00	1	RIM 8	8,00	1
MÉDIA*	10,80	1	MÉDIA*	23,63	1	MÉDIA*	6,55	1
MÉDIA*	10,00	2	MÉDIA*	22,03	2	MÉDIA*	6,07	2
DMS-TUKEY 5%	2,50	1	DMS-TUKEY 5%	5,40	1	DMS-TUKEY 5%	1,62	1
DMS-TUKEY 5%	1,55	2	DMS-TUKEY 5%	3,03	1	DMS-TUKEY 5%	1,07	1

* Média geral de todos os genótipos avaliados do grupo.

(Criollos, Trinitários e híbridos de Criollo) para as características PSU e PSS (nota: o código DES indica materiais de procedência desconhecida e também o são os CEPECs com numeração superior a 500). Dentre os maiores valores de PSU inclui-se ainda

uma seleção da Colômbia (SC 49), uma do Equador (EET 59) e uma seleção do CEPEC de genealogia desconhecida (CEPEC 68) e dentre os maiores valores de PSS uma seleção do Equador (EET 59) e uma da Indonésia (GW 1).

Dentre os 40 maiores valores de RSSU, 21 foram observados com seleções feitas dentro das variedades locais da Bahia (CEPEC 10, SIC, SIAL, EEG), sendo a proporção muito superior à frequência relativa destes na coleção; e valores elevados podem ser considerados como de interesse, quando o objetivo é utilizar comercialmente somente as amêndoas, pois significam menores consumos de fotoassimilados para a produção de polpa.

Com as características de fruto, voltam a se destacar materiais procedentes da América Central, México e Caribe, agora acompanhados de híbridos (CCN, TSA, TSH, CEPECs 27, 29, 31, 33, 49, 50 e 59).

Incluem-se, ainda, nas listas de maiores valores para PSUF, uma seleção de Samoa (LAFI 7) e um clone coletado no Peru (IMC 30); para PF, além dos dois anteriores, uma seleção da República dos Camarões (SNK 12), um Criollo da Venezuela (OC 66), dois clones coletados no Equador (MOQ 417 e MOQ 647), dois coletados no Peru (IMC 67 e IMC 76), um coletado no Pará (Be 9), uma seleção da Colômbia (SC 49), um híbrido de Criollo obtido na Bahia (CEPEC 5), um material de origem desconhecida (Cojon del Toro) e uma seleção do Sul da Bahia, de material conhecido popularmente como Pará manteiga, cuja possível ascendência será posteriormente discutida (CEPEC 86), enquanto que para PSSF a lista dos 40 maiores valores fica restrita aos materiais procedentes da América Central, México e Caribe, e híbridos, tendo como possíveis exceções, apenas, os clones de origem desconhecida: DES e CEPEC com numeração superior a 500.

Para uma melhor compreensão das diferenças entre materiais de acordo com o tipo, procedência, grau de domesticação e variedade, foram analisadas as diferenças entre grupos ou séries de genótipos, constituídos conforme disposto na Tabela 1. Novamente, as análises foram realizadas agrupando-se materiais com maior homogeneidade de variância (limite máximo de 7 vezes entre a maior e a menor) e as séries e grupos listados foram incluídas nas análises quando da ocorrência de, no mínimo, dois acessos, do grupo ou série, dentro do conjunto definido pelas variâncias.

Com o grupo de maiores variâncias, foram constatadas diferenças significativas a 0,01% para todos os efeitos (época de amostragem, grupo de acessos, acessos dentro de grupo, interação entre época

e grupo e interação entre época e acessos dentro de grupo) e variáveis (PSU, PSS, RSSU, PSUF, PF e PSSF) e com o de menores só não foram significativos, a 5% de probabilidade, as interações período x acesso dentro de grupo para as variáveis PSUF e PF (em todos os casos, época, grupo e acesso dentro de grupo foram significativos a 0,01% de probabilidade).

Com cada variável analisada como medidas repetidas em modelo multivariado (PROC GLM – MANOVA, para a interpretação dos efeitos de grupo e acesso dentro de grupo e PROC GLM – REPEATED, para a consideração dos efeitos de época e interações – SAS System, SAS Institute, 1988), foi constatada significância a 0,01% de probabilidade pelo teste de Wilks para todos os efeitos, variáveis e grupos. Estes resultados permitem a conclusão de que há ocorrência generalizada de efeitos de interações.

De modo coerente ao já relatado, os maiores valores para PSU e PSS foram observados com grupos e séries procedentes do México, América Central, Venezuela e Caribe: UF, ICS, RIM, MEX, OC, GS, CC, SGU e VE; alguns grupos de materiais híbridos: CCN e CTF e com a série SC da Colômbia, que foi gerada por seleções do ICA (Instituto Colombiano de Agropecuária) e engloba materiais do tipo Tinitário (ICGD, 2024) (Tabela 4 e Tabela 5).

A série CAS, procedente de seleções feitas no Campo Agrícola de Santarém, onde havia clones introduzidos e seleções locais (Almeida, et al., 1987), e que tem caracterização de tipo dúbia, está entre os grupos de maiores PSU, mas aí se coloca mais pela sua elevada proporção de polpa (baixo RSSU). A série EET, obtida de seleções dentro de populações formadas pela mistura da variedade nacional do Equador com introduções, principalmente de Trinitários e Criollos (Bartley, 2001), tem, também, valores elevados de PSU e PSS.

Os maiores valores para estes caracteres são observados em seleção efetuadas em material domesticado, sendo exceções as seleções das variedades locais da Bahia, que mostram valores reduzidos, e neste aspecto estão estas acompanhadas de grupos também forasteiros, porém selvagens, resultantes de prospeção em florestas ou, as vezes, em fazendas, mas dentro da área de dispersão natural da espécie: SCA, ABR, CEQ (na verdade de origem desconhecida, mas com características que o tipificam

Tabela 4- Médias ajustadas de grupos com origem comum para os caracteres: peso de uma semente úmida (PSU), peso de uma semente seca (PSS), peso de sementes úmidas por fruto (PSUF), peso total de fruto (PF), peso de semente seca por fruto (PSSF) e relação semente seca / semente úmida (RSSSU); e número de representantes considerados (NR)

GR	PSU	NR	GR	PSS	NR	GR	RSSSU	NR	GR	PSUF	NR	GR	PF	NR	GR	PSSF	NR
Grupo 1 - Maiores Variâncias																	
UF	2,27	19	UF	1,36	20	BAH	0,38	78	UF	12,95	24	CCN	33,63	2	UF	7,92	24
ICS	2,24	15	ICS	1,33	16	MOQ	0,38	2	RIM	12,60	18	MOQ	29,22	3	RIM	7,63	18
RIM	2,15	14	RIM	1,32	12	CTF	0,38	14	ICS	12,52	16	UF	27,66	20	MEX	7,45	4
MEX	2,15	4	MEX	1,28	2	SPA	0,38	6	IMC	12,29	9	RIM	27,63	18	ICS	7,42	15
OC	2,13	4	OC	1,26	3	BE	0,38	10	CAS	12,17	2	CAS	27,51	2	CTF	7,38	14
GS	2,04	2	SC	1,24	4	EET	0,37	8	CTF	12,03	14	IMC	27,47	8	SC	7,38	3
CC	1,99	13	CCN	1,18	2	VE	0,37	2	MEX	12,01	5	ICS	27,43	14	MOQ	7,31	2
SC	1,99	3	CC	1,18	13	RIM	0,37	14	MA	11,61	4	OC	27,31	4	OC	6,99	3
SGU	1,98	5	SGU	1,18	5	CC	0,37	11	CC	11,57	12	SC	27,08	4	CC	6,99	13
CCN	1,94	2	GS	1,17	2	UF	0,37	17	OC	11,49	4	MEX	26,61	5	IMC	6,95	9
VE	1,90	2	CTF	1,15	13	CA	0,37	3	SC	11,41	4	MA	26,46	4	SGU	6,92	6
CAS	1,90	3	VE	1,15	4	SC	0,37	3	CA	11,37	6	SPA	26,29	5	GS	6,77	2
EET	1,90	11	EET	1,14	9	SGU	0,36	7	SGU	11,36	6	GS	25,91	3	MA	6,77	5
CTF	1,88	14	CJ	1,08	4	MEX	0,36	4	MOQ	11,09	2	CA	25,35	6	CA	6,76	6
CHC	1,87	6	BE	1,07	7	ICS	0,36	16	BE	11,08	9	BE	25,18	10	BE	6,72	8
BE	1,86	7	CHC	1,07	7	CJ	0,36	7	CJ	10,86	6	SGU	25,08	6	EET	6,60	10
PA	1,86	25	CA	1,07	3	CSU	0,36	6	SDE	10,83	34	VE	25,02	4	SPA	6,54	5
IMC	1,82	5	MOQ	1,07	2	MA	0,36	5	EET	10,82	11	CTF	24,37	14	CJ	6,43	6
MA	1,80	4	MA	1,06	5	SDE	0,36	31	GS	10,81	2	EET	23,75	10	SDE	6,43	34
MOQ	1,79	3	IMC	1,06	4	POU	0,36	11	SPA	10,75	7	CHC	23,59	8	VE	6,35	3
CA	1,79	6	PA	1,05	19	ABR	0,35	10	VE	10,72	3	CC	23,57	11	BAH	6,24	90
SDE	1,76	37	SDE	1,03	30	GS	0,35	3	PA	10,47	23	SDE	23,31	36	CHC	6,11	9
CJ	1,73	7	CAS	1,01	2	RB	0,35	12	PER	10,35	4	PER	22,69	5	PA	5,97	21
SPA	1,70	6	BAH	1,01	95	PER	0,35	3	CEQ	10,17	5	CJ	22,64	6	POU	5,91	10
ABR	1,69	9	ABR	1,00	7	NA	0,35	4	CHC	10,13	8	RB	22,34	9	ABR	5,79	9
NA	1,65	5	SPA	0,98	3	CHC	0,34	8	BAH	10,07	95	PA	22,21	25	CEQ	5,71	3
PER	1,64	4	POU	0,96	10	CAS	0,33	3	ABR	9,97	10	POU	22,05	8	NA	5,51	4
POU	1,63	7	NA	0,96	5	CEQ	0,33	2	POU	9,85	11	ABR	21,95	10	PER	5,22	3
BAH	1,62	94	RB	0,91	6	IMC	0,32	7	NA	9,43	3	CEQ	21,63	4	CSU	5,12	4
RB	1,57	6	PER	0,89	2	PA	0,32	23	SCA	9,01	2	BAH	21,50	100	RB	5,10	9
CSU	1,38	3	CSU	0,84	4	SCA	0,31	2	RB	8,71	12	NA	19,56	5	SCA	5,09	2
									CSU	8,33	6	CSU	19,20	7			
DMS	0,07			0,05			0,02			0,78			1,89			0,56	
TUKEY 5%																	

como Forastero Amazônico), CJ, IMC, CSU, PER, RB, NA, POU, etc.

Este padrão se repete para peso de semente por fruto e peso de fruto, mas a separação não é tão nítida, havendo grupos de seleções de materiais amazônicos inseridos dentre aqueles com maiores valores: MA, IMC, o que mostra a viabilidade de se buscar genes para o melhoramento destes caracteres também neste tipo (o grupo MOQ do Equador, incluído entre os de maiores valores, não pode ser caracterizado como Forastero e sua constituição é análoga à dos EETs – ICGD, 2024).

Por outro lado, alguns grupos importantes quanto à possibilidade de fornecer genes de resistência à vassoura-de-bruxa e à podridão parda e para o incremento do teor de gordura entre eles: CSU, POU,

NA, CEQ, PER, além dos Scavinas (Pires et al., 1997; 1998; 2021; 2022;), possuem frutos e sementes pequenas. O grupo SCA se destaca, ainda, por apresentar um dos menores valores de RSSSU, o que indica um amplo consumo de fotoassimilados na produção de polpa (isto, se analisado por outro ângulo, e tendo-se, também, em conta o sabor adocicado característico de sua polpa, dominante em cruzamentos, notadamente em respeito ao clone Scavina 6, leva a constatação de que o grupo é promissor em respeito a este caráter para utilização no melhoramento, se houver interesse no aproveitamento da polpa). Para a RSSSU não há tendência clara para origem ou tipo.

Quando da consideração dos caracteres simultaneamente, a análise multivariada, feita a partir das médias ajustadas, obtidas pelas análises anteriores,

Tabela 5- Médias ajustadas de grupos com origem comum para os caracteres: peso de uma semente úmida (PSU), peso de uma semente seca (PSS), peso de sementes úmidas por fruto (PSUF), peso total de fruto (PF), peso de semente seca por fruto (PSSF) e relação semente seca / semente úmida (RSSSU); e número de representantes considerados (NR)

GR	PSU	NR	GR	PSS	NR	GR	RSSSU	NR	GR	PSUF	NR	GR	PF	NR	GR	PSSF	NR
Grupo 2 - Menores Variâncias																	
RIM	2,14	5	MEX	1,30	3	BAH	0,39	27	ICS	13,26	2	UF	27,84	4	ICS	8,10	3
ICS	2,05	3	RIM	1,29	7	CC	0,39	2	SDE	11,81	2	CC	25,70	3	SPA	6,95	2
UF	1,94	5	SGU	1,23	2	ABR	0,38	2	GS	11,13	2	SPA	24,01	2	PER	6,91	2
SGU	1,94	2	UF	1,21	4	RIM	0,37	5	CC	10,96	2	CHC	23,09	3	CFF	6,80	2
VE	1,94	2	EET	1,18	2	OC	0,37	3	PA	10,80	4	CAS	22,95	2	SDE	6,75	3
PA	1,79	3	CAS	1,13	2	EET	0,37	3	BE	10,43	2	BAH	22,05	9	GS	6,60	2
GS	1,78	2	CHC	1,10	3	UF	0,37	7	CAS	10,26	2	ICS	21,81	4	BE	6,48	3
CHC	1,78	4	SDE	1,09	7	ICS	0,36	2	CHC	9,93	3	PA	21,61	3	CAS	6,44	3
MA	1,70	2	SPA	1,08	4	CEQ	0,35	2	BAH	9,92	13	RB	20,28	7	ABR	6,28	2
BAH	1,66	15	GS	1,06	2	IMC	0,35	2	NA	9,10	2	POU	17,99	3	BAH	6,16	19
IMC	1,62	2	BE	1,06	4	SDE	0,35	5	CSU	8,46	2	CSU	17,94	2	CHC	5,90	2
SCA	1,62	2	CA	1,06	3	CHC	0,35	3	RB	8,19	4				PA	5,82	7
BE	1,60	3	PA	1,04	9	CA	0,34	3							RB	5,04	7
POU	1,58	2	PER	1,03	2	RB	0,34	3							CSU	4,85	4
ABR	1,51	3	BAH	1,00	14	PER	0,34	2									
CEQ	1,51	3	IMC	1,00	4	VE	0,34	2									
RB	1,45	9	CJ	0,99	3	CSU	0,32	3									
CSU	1,36	5	ABR	0,96	5	PA	0,32	5									
			SCA	0,89	2												
			CEQ	0,88	3												
			RB	0,88	8												
			CSU	0,79	4												
DMS	0,06			0,03			0,02			0,60			1,05			0,40	
TUKEY	5%																

com os grupos como fonte de variação e os diversos clones dentro de grupos como repetições destes, mostrou diferenças significativas entre grupos, a 0,01% de probabilidade, pelo teste de Wilks.

As probabilidades para a aceitação ou rejeição das hipóteses de igualdade para os contrastes entre as médias dos diversos grupos são apresentados nas Tabela 6 e Tabela 7, e as amplas distinções entre grupos, notadamente os de diferentes origens, mostra que os caracteres considerados podem ser usados como elementos de caracterização de materiais. Ilustrando este aspecto tem-se que, por exemplo, o grupo de seleções feitas nas variedades tradicionais da Bahia só não difere significativamente a 5% de probabilidade dos grupos CJ e Pound, o grupo CCN difere de todos, o grupo CSU só não difere do SCA e o ICS dos grupos MEX, OC e RIM.

A análise de variáveis canônicas a partir das seis variáveis discutidas, utilizando-se as médias ajustadas e tendo-se os acessos como repetições de grupos (PROC CANDISC – SAS INSTITUTE, 1988) resultam em 6 variáveis com diferenças significativas (5%) entre os grupos, sendo que três delas acumulam

83,2% da variação total (primeira variável 49,5%, segunda 20,3%, terceira 13,5%, Quarta 9,6%, Quinta 4,1%, Sexta 3,0%). A primeira é determinada, principalmente (maiores coeficientes de ponderação), pelo PSS, RSSSU e PSUF, mas mantém alta correlação com PSU (0,96) e PSS (0,91), média com PSUF (0,67), PMF (0,59) e PSSF (0,63) e tem baixa correlação com RSSSU. A segunda tem para as variáveis PSS, RSSSU e PSSF os maiores coeficientes de ponderação e as correlações mais altas ocorrem com a RSSSU (0,85) e o PSSF (0,66). Já a terceira é determinada principalmente pelo PMF, única variável com quem preserva correlação superior a 50% (0,69), enquanto as demais variáveis canônicas não têm correlação superior a 50% em valor absoluto com nenhuma das variáveis originais.

Estes resultados mostram uma clara diferenciação entre materiais domesticados procedentes do México, América Central, Caribe e Venezuela e materiais procedentes da América do Sul, notadamente os selvagens, conforme apresentado na Figura 1, onde estão dispostas as médias de grupos para as três primeiras variáveis canônicas. Os primeiros são

representados por estrelas, verdes para os procedentes da Venezuela e vermelhas para os demais, e ocupam posições relativas a valores elevados para a primeira e segunda variável canônica e de intermediários a reduzidos para a terceira. Os materiais procedentes da América do Sul são representados pelo símbolo de paus, a exceção da série EET, do Equador, mais próxima dos Trinitários e Criollos, que é representada por uma flâmula negra, e do grupo CEQ representado por um losango negro, sendo que este, de origem desconhecida, posiciona-se entre os amazônicos.

Os materiais da Colômbia (SPA e SC) estão destacados em amarelo e o grupo que se coloca entre os Trinitários e Criollos é o SC. Este último, conforme já descrito, tem como origem seleções realizadas pelo ICA (Instituto Colombiano de Agropecuária) e engloba materiais do tipo Trinitário, enquanto o grupo SPA é formado, também por seleções conduzida por este Instituto, mas em uma progênie de uma planta procedente do Peru, provavelmente da região do rio Napo (ICGD, 2024), o que condiz com seus posicionamentos. Os grupos de acesso procedentes do Brasil são apresentados em verde (a maioria), com o de seleções da Bahia destacado em vermelho. Este último tem valor reduzido para a terceira variável (alta RSSSU e PMF baixo), sendo esta posição oposta aos materiais do Equador MOQ (realçados em negro), selecionados na Fazenda Moquique, por Pound (ICGD, 2024), cujos representantes aqui considerados provêm de três árvores diferentes que podem envolver genes da variedade nacional do Equador e de Trinitários. É também oposta aos híbridos do Equador CCN, (destacados em verde - os híbridos são representadas por pirâmides), que descendem de um material desconhecido de denominação Canellos e cruzamentos feito por Homero Castro envolvendo Trinitários (informação não

Tabela 6 - Probabilidades de erro para a rejeição da hipótese de nulidade de contrastes entre médias de grupos (GR) - análise multivariada para o peso de uma semente úmida, de uma semente seca, de sementes úmidas por fruto, de semente seca por fruto, peso total de fruto e relação semente seca semente úmida - teste de Wilks

GR	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
ABR	1	0,0107	0,1641	0,2464	0,1898	0,0005	0,0001	0,0007	0,0003	0,9032	0,0024	0,0001	0,0044	0,1415	0,0001	0,0008	0,1833	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,5388
BAH	2		0,0020	0,0008	0,0003	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,2699	0,0001	0,0001	0,0001	0,0051	0,0001	0,0001	0,0014	0,0001	0,0001	0,0182	0,0001	0,0026
BE	3			0,9377	0,0790	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,3111	0,0001	0,0095	0,0032	0,3671	0,0001	0,0098	0,9477	0,0001	0,0001	0,0036	0,0001	0,0237
CA	4				0,2651	0,0001	0,0001	0,0002	0,0002	0,2669	0,0001	0,0081	0,0036	0,3000	0,0001	0,3240	0,9988	0,0001	0,0003	0,0054	0,0001	0,0675
CAS	5					0,1256	0,0001	0,0002	0,4713	0,1759	0,0002	0,0031	0,2854	0,6128	0,0027	0,0146	0,2604	0,0528	0,0001	0,1033	0,0544	0,5553
CC	6						0,0001	0,0001	0,0055	0,0200	0,0001	0,0001	0,6936	0,1725	0,0001	0,0001	0,0002	0,0034	0,0001	0,0066	0,0611	0,0001
CCN	7							0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0004	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
CEQ	8								0,0001	0,0007	0,0090	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0006
CHC	9									0,0018	0,0001	0,0001	0,0595	0,5924	0,0001	0,0001	0,0011	0,0079	0,0001	0,0561	0,0381	0,0001
CJ	10										0,0009	0,0550	0,0346	0,2582	0,0001	0,0012	0,1702	0,0001	0,0001	0,2874	0,0001	0,2481
CSU	11											0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0002	0,0001	0,0001	0,0268	0,0001	0,0001	0,0011
CTF	12												0,0001	0,0425	0,0001	0,0001	0,0068	0,0001	0,0001	0,0002	0,0001	0,0001
EET	13													0,7052	0,0001	0,0001	0,0089	0,0303	0,0001	0,0096	0,1673	0,0001
GS	14														0,0011	0,0004	0,4285	0,1217	0,0006	0,0877	0,0762	0,0005
ICS	15															0,0001	0,0001	0,1488	0,0001	0,0001	0,0866	0,0001
IMC	16																0,2150	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0035
MA	17																	0,0001	0,0030	0,0053	0,0002	0,0001
MEX	18																		0,0001	0,0001	0,4691	0,0001
MOQ	19																			0,0001	0,0001	0,0001
NA	20																				0,0002	0,0009
OC	21																					0,0001
PA	22																					0,0387

Tabela 7- Probabilidades de erro para a rejeição da hipótese de nulidade de contrastes entre médias de grupos (GR) - análise multivariada para o peso de uma semente úmida, de uma semente seca, de sementes úmidas por fruto, de semente seca por fruto, peso total de fruto e relação semente seca semente úmida - teste de Wilks.

GR		24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
ABR	1	0,7195	0,0017	0,0001	0,0001	0,0266	0,5842	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
BAH	2	0,0717	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0003	0,0001	0,0001
BE	3	0,0165	0,0001	0,0001	0,0014	0,0001	0,2453	0,0009	0,6684	0,0001	0,0012
CA	4	0,0264	0,0005	0,0001	0,0016	0,0067	0,4869	0,0017	0,5051	0,0001	0,0002
CAS	5	0,0407	0,0054	0,0078	0,1253	0,2637	0,2437	0,3048	0,0143	0,0062	0,3475
CC	6	0,0001	0,0001	0,0002	0,0100	0,0009	0,0001	0,6148	0,0001	0,0001	0,1589
CCN	7	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
CEQ	8	0,0011	0,0001	0,0001	0,0001	0,0057	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
CHC	9	0,0002	0,0001	0,0001	0,2294	0,1559	0,0001	0,1580	0,0001	0,0001	0,2580
CJ	10	0,8160	0,0001	0,0001	0,0006	0,0121	0,9195	0,0080	0,0166	0,0001	0,0027
CSU	11	0,0389	0,0080	0,0001	0,0001	0,0610	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
CTF	12	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
EET	13	0,0003	0,0001	0,0019	0,1828	0,0019	0,0003	0,8164	0,0002	0,0001	0,6092
GS	14	0,0500	0,0009	0,0310	0,6385	0,0411	0,2116	0,5867	0,1469	0,0557	0,3730
ICS	15	0,0001	0,0001	0,0578	0,0022	0,0001	0,0001	0,0101	0,0001	0,0066	0,0037
IMC	16	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0004	0,0004	0,0001	0,0029	0,0001	0,0001
MA	17	0,0199	0,0027	0,0001	0,0078	0,0085	0,2985	0,0043	0,8075	0,0001	0,0060
MEX	18	0,0001	0,0001	0,0957	0,6634	0,0001	0,0001	0,0723	0,0001	0,4333	0,2298
MOQ	19	0,0001	0,0001	0,0001	0,0005	0,0001	0,0001	0,0001	0,0075	0,0001	0,0001
NA	20	0,6538	0,0024	0,0001	0,0021	0,1609	0,0272	0,0019	0,0008	0,0001	0,0067
OC	21	0,0001	0,0001	0,1117	0,4616	0,0006	0,0001	0,3448	0,0001	0,0249	0,8685
PA	22	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,1061	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0005
PER	23	0,1191	0,0585	0,0001	0,0011	0,0536	0,1000	0,0165	0,0040	0,0001	0,0793
POU	24		0,0002	0,0001	0,0001	0,0379	0,1011	0,0001	0,0018	0,0001	0,0001
RB	25			0,0001	0,0001	0,0382	0,0001	0,0001	0,0011	0,0001	0,0001
RIM	26				0,0273	0,0001	0,0001	0,1409	0,0001	0,0859	0,0167
SC	27					0,0031	0,0001	0,2199	0,0017	0,0991	0,5982
SCA	28						0,0057	0,0043	0,0007	0,0001	0,0090
SDE	29							0,0002	0,0027	0,0001	0,0003
SGU	30								0,0001	0,0115	0,5445
SPA	31									0,0001	0,0006
UF	32										0,0029

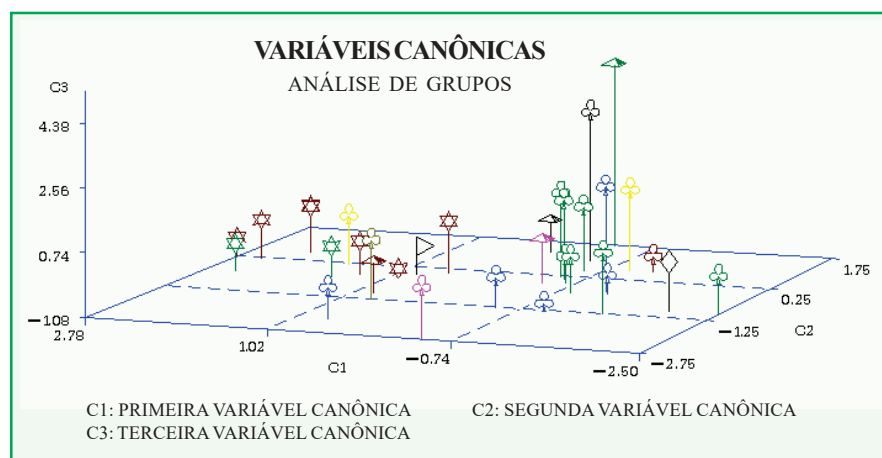


Figura 1 - Dispersão gráfica de séries segundo variáveis canônicas formadas a partir das variáveis: peso de uma semente seca, peso de sementes úmidas por fruto, peso total de fruto, peso de semente seca por fruto e relação semente seca / semente úmida

publicada). Outro dos grupos procedentes da Amazônia está destacado (em marrom) e coloca-se próximo aos Trinitários e Criollos. Este grupo é o CAS cuja origem genética não é definida, conforme já citado (na Estação Experimental de Santarém, onde havia materiais procedentes do Peru, Trinitade, Costa Rica, Equador e da própria região, foram selecionados quatro clones CAS 1, 2, 3, 4, com base em características de fruto e resistência - Almeida et. al., 1987).

Os grupos procedentes do Peru estão representados em azul, com exceção do SCA, em rosa, cor também usada para o grupo formado por seus descendentes (pirâmide), este último próximo, ou mesmo inserido entre os grupos amazônicos (dentre os descendentes de Scavina há cruzamentos com Trinitários, mas não são predominantes), enquanto que o grupo Scavina realça-se na figura pelo menor valor para segunda variável canônica em razão da conjunção de baixo PSSF e baixa RSSSU.

O grupo CEPEC híbrido de Criollo, CHC - pirâmide vermelha, insere-se, coerentemente, próximo aos grupos de Trinitários e Criollos e o grupo CEPEC Trinitários x Forasteros, CTF - pirâmide preta, aproxima-se dos Forasteros (os demais grupos podem ser identificados pela consideração conjunta da

Figura 1 e da Tabela 8, em que são apresentados os valores das coordenadas relativas a cada grupo para as três variáveis canônicas; e uma visualização geral de todos os acessos considerados pode ser obtida através da Figura 2, que preserva as mesmas codificações).

Tem-se, então que este grupo reduzido de variáveis, notadamente as relativas ao peso de sementes e frutos, distingue com eficiência materiais com origens e formação diferentes, inclusive posicionando híbridos de forma intermediária, conforme o maior ou menor peso de cada tipo de ascendência.

Tabela 8 - Valores para grupos de origem comum de variáveis canônicas (CAN) formadas a partir das variáveis: peso de uma semente seca, peso de sementes úmidas por fruto, peso total de fruto, peso de semente seca por fruto e relação semente seca/ semente úmida

GRUPO	CAN1	CAN2	CAN3	GRUPO	CAN1	CAN2	CAN3
ABR	-0,855	-0,461	0,008	MEX	2,528	0,227	0,044
BAH	-1,185	0,652	-0,570	MOQ	-0,417	0,990	3,323
BE	-0,544	0,543	0,818	NA	-0,793	-0,909	-1,079
CA	-0,538	0,111	1,242	OC	2,470	-0,429	-0,283
CAS	0,726	-1,259	0,653	PA	0,709	-2,181	-0,147
CC	0,945	-0,214	-0,857	PER	-0,494	-1,276	-0,176
CCN	-0,329	1,747	4,379	POU	-1,188	-0,402	-0,499
CEQ	-2,021	-0,957	0,310	RB	-1,526	-1,283	0,706
CHC	0,834	-0,983	-0,103	RIM	2,225	0,625	0,254
CJ	-0,614	-0,028	-0,280	SC	1,614	0,149	0,398
CSU	-2,500	-0,977	0,035	SCA	-0,458	-2,754	0,397
CTF	0,114	1,292	-0,080	SDE	-0,434	-0,138	0,265
EET	0,842	-0,063	-0,280	SGU	1,319	-0,244	-0,117
GS	0,574	0,061	0,427	SPA	-0,943	0,684	1,299
ICS	2,779	0,234	-0,509	UF	2,278	0,742	0,229
IMC	-1,125	-0,296	1,960	VE	1,382	-0,706	-0,011
MA	-0,476	0,186	1,417				

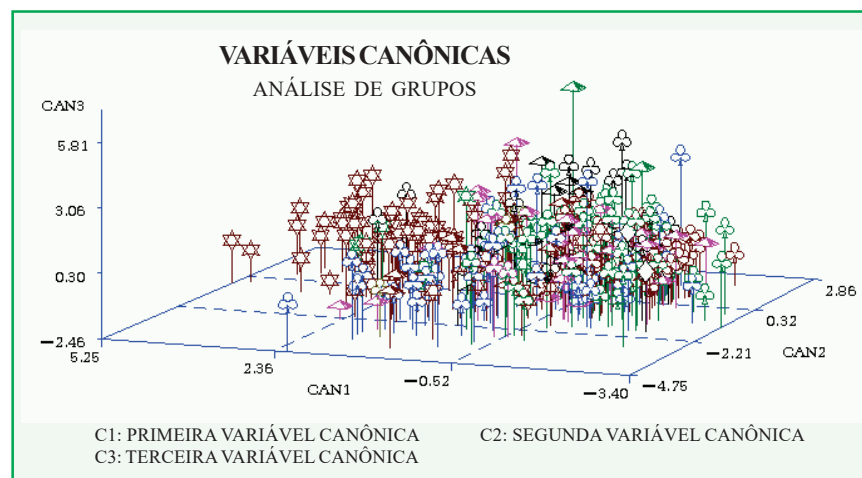


Figura 2 - Dispersão gráfica de acessos segundo variáveis canônicas formadas a partir das variáveis: peso de uma semente seca, peso de sementes úmidas por fruto, peso total de fruto, peso de semente seca por fruto e relação semente seca / semente úmida.

Relações entre o desempenho “per se” de clones e a capacidade geral de combinação

Para o estudo da importância da avaliação de germoplasma em respeito à seleção de genótipos para a introdução em programas de melhoramento, ou da eficiência da seleção de clones para processos recorrentes de melhoramento, foram analisados, a princípio, para as variáveis PSU, PSS e RSSU, dois ensaios de avaliação de cultivares híbridas, denominados no CEPEC de ensaios 4 e 32. Para estes as distribuições de frequências seguiram padrão de curvas normais sem desvio importante (respectivamente, $D = 0,027$ e $0,032$), embora tenham sido identificadas como distintas da normal pelo teste de Kolmogorov-Smirnov e, apesar da significância do teste de Bartlett para a homogeneidade das variâncias, não houve distinções maiores que 5,1 vezes entre a menor e maior variância dentro de tratamento para as variáveis consideradas, nos dois ensaios.

O ensaio 4 foi analisado tendo-se como fontes de variação a época, o bloco, o grupo 1 (clones: DR2, ICS3 e UF 613), o grupo 2 (progenitores da série SIC), a interação grupo 1 x grupo 2, semente dentro de grupo 1 x grupo 2, e as interações: época x grupo 1, época x grupo 2, época x grupo 1 x grupo 2 e época x semente dentro de grupo 1 x grupo 2 (PROC GLM – SAS System – SAS Institute, 1988).

Considerados os efeitos ajustados apenas para aqueles que os precedem, foram observados efeitos significativos de época, grupo 1 e grupo 2 (a 0,01%) para PSU, PSS e RSSSU, mostrando a possibilidade de identificação de diferenças para a capacidade geral de combinação mesmo em grupos de clones com grande uniformidade, como é o caso das seleções locais. Foi, ainda, constatada significância (a 0,01% de probabilidade) para as interações grupo 1 x grupo 2, ou capacidade específica de combinação, para as três variáveis; e todas as interações foram significativas (a 5% para época x grupo 1, com a variável PSS e a 0,01% para as demais interações e efeitos), a exceção daquelas que incluíram o efeito de semente dentro de grupo 1 x grupo 2. Não foram identificadas diferenças significativas entre sementes dentro de progênie (grupo 1 x grupo 2).

Tomando-se as médias ajustadas de progenitores, obtidas com a redução do modelo, pela desconSIDERAÇÃO das interações e efeito de planta, verificou-se significância (a 5%) para a correlação entre estes valores e os obtidos com as avaliações dos clones “per se” apenas para o caso da variável RSSSU com o grupo 2 (0,68). Assim pequenas diferenças observadas na avaliação de germoplasma, como as entre os clones SIC para PSU e PSS não permitiram a previsão das diferenças quanto à capacidade geral de combinação, ao contrário do que ocorre quando de distinções mais nítidas, como será mostrado com o ensaio 32.

Este foi analisado em modelo com blocos, grupo 1 (Ca 4, Ma 15, ICS 1 e UF 613), grupo 2 (IMC 67, Pound 12 e Pa 150) e interação grupo 1 x grupo 2 como fontes de variação. Houve diferenças significativas entre os progenitores do grupo 2 para PSU, PSS e RSSSU (0,01% de probabilidade) e entre os do grupo 1 para PSU e PSS (0,01%). As interações foram significativas a 0,01% para PSU e PSS e a 5% para RSSSU. Neste caso, as correlações de Pearson entre as médias de progenitores (obtidas sem a necessidade de redução do modelo) e as da avaliação “per se” foram significativas (a 10%), para o grupo 1 com as variáveis PSU (0,94) e PSS (0,93) (para o grupo 2, cujos clones tem menores diferenças de PSU e PSS as correlações foram não significativas).

Desta forma foi possível observar que distinções expressivas observadas entre genótipos avaliados na coleção de germoplasma podem ser indicadores eficientes de diferenças quanto à capacidade geral de combinação, comprovando a importância deste processo de avaliação.

A relação entre o desempenho “per se” de clones e o comportamento destes como progenitores também foi avaliada para a variável PSUF. Para tal, foram considerados dados dos ensaios 1, 33, 34, 35, 37, 40, 41 e 42 (Monteiro et al, 1995). Todos mostraram distribuição diferente da normal pelos testes de Shapiro-Wilk e Kolmogorov-Smirnov, mas as curvas de distribuição de frequência não mostraram qualquer desvio importante (na ordem, $W = 0,948$; $D = 0,020$; $0,051$; $0,050$; $0,057$ e para o conjunto 40-41-42, $D = 0,055$). Foi constatada heterogeneidade de variância dentro de tratamentos pelo teste de Bartlett, a 5%, para todos os ensaios a exceção do 1, mas os tratamentos considerados (listados anteriormente) apresentaram variâncias cujas diferenças não superam o valor 7. As relações entre maiores e menores variâncias foram de 6,38 para o ensaio 1 (na verdade, neste caso, combinações com um quinto progenitor, o ICS 1, pertencente ao desenho original, que conduziam a não homogeneidade pelo teste de Bartlett, tiveram que ser desconSIDERADOS para manter as diferenças entre variáveis dentro do limite de 7 vezes); de 1,8 para o ensaio 33; de 2,86 para o ensaio 34; de 2,87 para o ensaio 35; de 2,13 para o ensaio 37 e de 3,32 para a análise conjunta dos ensaios 40, 41 e 42.

Houve efeito significativo de ano (a 0,01%) para os ensaios com esta fonte de variação (ensaios 1, 33, 34, 35 e 37); as interações ano x mãe foram significativas (a 0,01%) nos ensaios 33, 35 e 37 e as interações ano x pai e ano x pai x mãe foram não significativas (a 5% de probabilidade) nos 5 ensaios. Os ensaios com dados por planta mostraram efeito significativo a 0,01% para planta dentro de pai x mãe (33, 34, 35 e 37) ou planta dentro de tratamento (conjunto 40, 41, 42). Com o ensaio 1, foram observados efeitos significativos a 0,01% para mãe e pai (neste caso o conjunto de mães e pais é o mesmo, pois temos aqui um dialelo completo) e interação mãe x pai. O mesmo foi observado para os ensaios 34, 35 e 37. Com o ensaio 33 verificou-

se significância para as diferenças entre mães (a 0,01% de probabilidade), ausência de efeitos significativos de pais (a 5%) e efeito significativo da interação mãe x pai (a 1%).

Para os ensaios com dados tomados durante mais de um ano (ensaios 1, 33, 34, 35 e 37), a análise do PSUF como medidas repetidas (PROC GLM - MANOVA, para a interpretação dos efeitos de pai, mãe e interação pai x mãe e PROC GLM REPEATED para os efeitos de ano e interação que incluem este fator - SAS System, SAS Institute, 1988) levou a resultados análogos. As diferenças dignas de nota foram: para o ensaio 33 a interação ano x pai x mãe foi significativa a 5% pelos teste de Wilks; e para o 34 foi significativa, a 5%, a interação ano x pai.

Para o grupo de ensaios 40-41-42 foram observados efeitos significativos de ensaio (a 0,01%), ausência de efeitos significativos da interação entre tratamentos comuns e ensaios (a 1% de probabilidade) e diferenças significativas entre tratamentos (a 0,01%). Analisado pela metodologia de Griffing este conjunto de ensaios mostrou diferenças amplamente significativas para a capacidade geral de combinação das mães e pais (valor de F superior a 20.000) e para a capacidade específica de combinação (valor de F superior a 15.000, com 12.693 graus de liberdade do resíduo).

Desta forma, constata-se a possibilidade de identificação de diferenças quanto à capacidade geral de combinação mesmo para grupos ou populações mais uniformes como a representada pelas séries SIC, SIAL e EEG (exemplo ensaios 34, 35 e 37) e há, de modo geral, amplos efeitos em relação às combinações específicas.

Quanto à predição da capacidade geral de combinação pela avaliação “per se” dos clones, foram observadas correlações altas entre médias geradas pela avaliação de germoplasma e médias de progenitores dos diversos ensaios. Estas correlações tiveram valores de 0,99 (Pearson, significativa a 1% de probabilidade) para o grupo de pais dos ensaios 40, 41 e 42, que incluem dois clones Trinitários com maiores valores e dois locais, e de 0,87 (significativa a 1%) para o grupo de mães que contempla apenas materiais da Amazônia brasileira. Para os demais ensaios, cujos grupos de progenitores, em sua maioria, têm número menor

de representantes, o que torna as comparações menos precisas, foram observados os valores: 0,85 para o grupo de mães do ensaio 37 (não significativo – 3 representantes, todos do tipo comum) e 1,0 para o grupo de pais (significativo a 1% - 3 representantes); 0,75 para o grupo de mães do ensaio 34 (significativo a 10% - 8 representantes, sendo todos seleções obtidas dentro das variedades tradicionais da Bahia) e 1,0 para pais (não significativo - apenas dois representantes); 0,84 para o grupo de mães do ensaio 33 (não significativo – 3 representantes), para o qual não houve diferenças significativas entre médias de pais; e 0,88 para o grupo de progenitores do ensaio 1 que é um dialelo completo (não significativo - 4 representantes). Apenas para o ensaio 35 os valores das correlações foram inferiores a 0,7: 0,58 para as 5 mães e 0,50 para os 3 pais (estes últimos são seleções locais e não há dados de avaliação “per se” de um quarto pai: o SIAL 169).

Assim, considerando estes resultados conjuntamente, e tendo-se em conta a tendência geral de valores superiores a 0,7 para os coeficientes de correlação, podemos considerar que a avaliação de germoplasma para o caráter é um processo importante na seleção de genótipos para serem introduzidos em programas de melhoramento.

Conclusões

Foi possível constatar que: há limitações nos processos tradicionais de caracterização de germoplasma de cacau para os descritores de fruto e semente; a consideração de duas amostras de 40 sementes em um único período de safra pode ser sugerida como um método rápido e de baixa demanda de esforços para a avaliação do peso da semente em coleções de germoplasma, e para a análise do peso de frutos e semente úmidas por fruto, pode ser sugerida a utilização de 4 ou 5 amostras em dois períodos de safra; frutos maiores e com maiores pesos de sementes tendem a ter sementes maiores, o que simplifica o melhoramento para estes caracteres em conjunto; a maior parte dos grupos importantes quanto a possibilidade de fornecer genes de resistência à vassoura-de-bruxa e à podridão parda e para o incremento do teor de gordura possuem frutos e

sementes pequenas, que são maiores em populações domesticadas e híbridos; os caracteres considerados podem ser usados como elementos de caracterização de materiais e em conjunto propiciam clara separação de séries de diferentes origens; são identificáveis diferenças para a capacidade geral de combinação para características físicas frutos e sementes mesmo dentro de grupos de clones com elevada uniformidade; há efeitos expressivos da capacidade específica de combinação para o peso de uma semente e peso de sementes por fruto; e distinções entre genótipos ‘per se’ podem ser indicadores eficientes de diferenças quanto à capacidade geral de combinação, para o peso de sementes e o peso de sementes por fruto, comprovando a importância desta avaliação para a seleção de progenitores e comprovando a possibilidade de melhoramento genético para estes caracteres.

Literatura Citada

- ALMEIDA, C. M. V. C. de et al. 1987. Evolução do programa de conservação de recursos genéticos de cacau na Amazônia brasileira. CEPLAC/DEPEA/ Belém, PA. Boletim Técnico n. 5. 108 p.
- BARTLEY, B. G. D. 2001. Refractorio – An explanation of the meaning of the term and its relationship to the introductions from Ecuador in 1937. INGENIC Newsletter (UK) 6: 10-15.
- CRUZ, C. D. 1997. Programa GENES; aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa, MG, UFV. 442p.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. 1997. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. Viçosa, MG, UFV. 390p.
- DANFORD, M. B. et al. 1960. On the analysis of repeated measurements experiments. Biometrics (UK) 16:547-565.
- ENGELS, J. M. M.; Bartley, B. G.; Enriquez, G. A. 1980. Cacao descriptors, their states and modus operandi. Turrialba 30 (2): 209-218.
- INTERNATIONAL COCOA GERMPLASM DATABASE - ICGD. 2024. Reading: University of Reading. Available at: <<http://www.icgd.rdg.ac.uk>>. Accessed on: July 2024.
- JOHNSON, R. A.; WICHERN, D. W. 1999. Applied Multivariate Statistical Analysis. New Jersey: Prentice Hall. 816p.
- LYNCH, M.; WALSH, B. 1988. Genetics and Analysis of Quantitative Traits. Sinauer Associates, Massachusetts Inc. 980p.
- LITTELL, R. C. et al. 1996. SAS System for Mixed Models. Cary, NC: SAS Institute Inc. 633p.
- MARTIN, F. G. 1995. Statistical design and analysis. Gainesville, FL, University Copy Center.
- MONTEIRO, W. R. et al. 1995. Desenvolvimento e avaliação de cultivares híbridas de cacau. Informe de Pesquisas, 1987/90, CEPLAC, Ilhéus, BA, Brasil. p.19-23.
- PEREIRA, M. G. et al. 1994. Influência do progenitor paterno sobre caracteres físicos e químicos da semente, relacionados com a qualidade do cacau. Agrotrópica (Brasil) 6(2): 31-40, 1994.
- PIRES, J. L. et al. 1995a. Avaliação de caracteres relacionados com a qualidade de amêndoas de cacau – Ensaio 04. Informe de Pesquisas, 1987/90, CEPLAC, Ilhéus, BA, Brasil. p.11-12.
- PIRES, J. L. et al. 1995b. Avaliação de caracteres relacionados com a qualidade de amêndoas de cacau – Ensaio 32. Informe de Pesquisas, 1987/90, CEPLAC, Ilhéus, BA, Brasil. p.13-15.
- PIRES, J. L. et al. 1997. Resistência em campo de clones de cacauero à podridão parda, causada por *Phytophthora spp.* na Bahia, Brasil. Fitopatologia Brasileira 22: 375-380.
- PIRES, J. L. et al. 1998. Increasing cocoa butter yield through genetic improvement of *Theobroma cacao* L.: Seed fat content variability, inheritance and association with seed yield. Euphytica (USA) 103, 115-121.
- PIRES, J. L.; LUZ, E. D. M. N.; MELO, G. R. P. 2021. New sources of resistance - Cacao germplasm evaluation for natural incidence of witches' broom. Agrotrópica (Brasil) 33(2):91-100.

PIRES, J. L. et al. 2022. Identification of resistance sources to Witches' broom disease – Cacao germplasm evaluation. *Agrotrópica (Brasil)* 34(3): 169-180.

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



POLÍTICA EDITORIAL

A Revista Agrotrópica foi criada em 1971, sendo originalmente conhecida como Revista Theobroma. Por ter um caráter interdisciplinar, constitui-se em um veículo de comunicação científica em várias áreas, como: Biodiversidade, Ciências Agrárias, Ciências Ambientais, Veterinária, Zootecnia, Tecnologia de Alimentos, Geografia, Geociências, Socioeconomia, entre outras. A revista é publicada quadrimestralmente e destina-se à divulgação de trabalhos originais que contribuem de forma significativa para o desenvolvimento agroecológico, ambiental e socioeconômico das Regiões Tropicais Úmidas.

A Revista Agrotrópica publica não apenas artigos científicos, mas também notas científicas ou técnicas, revisões bibliográficas relevantes e de natureza crítica, nos seguintes idiomas: Português, Inglês e Espanhol. Além disso, aceita cartas endereçadas ao editor sobre trabalhos publicados.

Os autores são os responsáveis exclusivos pelo conteúdo dos trabalhos; todavia, o editor, com a assessoria científica do Conselho Editorial, reserva-se o direito de sugerir ou solicitar modificações que considerar necessárias.

Editor Chefe

EDITORIAL POLICY

The Agrotrópica Journal was established in 1971 and was formerly known as Theobroma Journal. With its interdisciplinary focus, it serves as a platform for scientific communication across various fields, including Biodiversity, Agricultural Sciences, Environmental Science, Veterinary Medicine, Animal Science, Food Technology, Geography, Geosciences, and Socioeconomics. The journal is published quarterly and aims to disseminate original scientific research that contributes to the agroecological, environmental, and socioeconomic development of tropical rainforest regions.

Agrotrópica publishes not only scientific articles but also technical notes, relevant bibliographical reviews, and critical analyses in Portuguese, English, and Spanish.

Additionally, it welcomes letters to the editor regarding published works. While authors are solely responsible for the content of their submissions, the editor, with input from the Editorial Board, reserves the right to suggest or request necessary changes.

Editor in Chief



MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA
E PECUÁRIA

