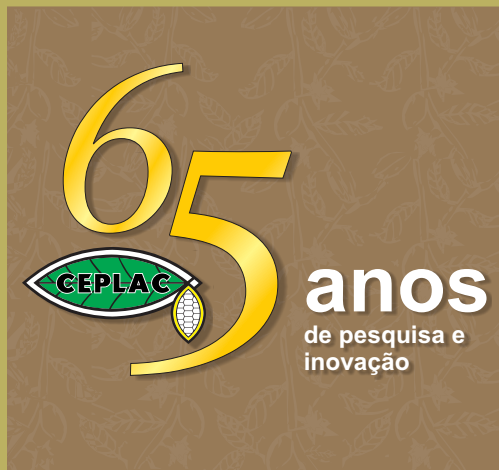


Agrotropica

Volume 34, número 1, janeiro a abril de 2022



© 2022 Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

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 autor.

Ano 2022.

Tiragem: 1000 exemplares

Elaboração, distribuição, informações:

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira

Superintendência Regional no Estado da Bahia

Centro de Pesquisas do Cacau

Editor: Ronaldo Costa Argôlo.

Coeditores: Quintino Reis de Araujo e George Andrade Sodré

Editores eletrônicos: Jacqueline C. C. do Amaral e Selenê Cristina Badaró.

Capa: Ronaldo Costa Argôlo Filho

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

v.

Quadrimestral

Substitui "Revista Theobroma"

1. Agropecuária - Periódico.

CDD 630.5

INFORMAÇÕES SOBRE A CAPA: Comemoração dos 65 anos de criação da CEPLAC. A CEPLAC foi criada em 20 de fevereiro de 1957, vinculada ao Ministério da Fazenda, através do Decreto Federal nº 40.987, com recursos do Fundo dos Ágios. O Governo Federal instituiu o Plano Recuperação Econômico-Rural da Lavoura Cacaueira, que possibilitou criar as condições favoráveis e efetivas para o processo de desenvolvimento das regiões produtoras de cacau do Brasil.

INFORMATION ON THE COVER: : Commemoration of the 65th anniversary of the creation of CEPLAC. On February 20th, 1957, the Ministry of Finance, through the Federal Decree nº 40.987, created CEPLAC with resources from the Goodwill Fund. The Federal Government institutes the Plan of Economic-Rural Recovery for the Cacao Crop, which made it possible to create favorable and effective conditions for the development process of the cocoa producing regions in Brazil.

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 Agricola de America Latina y el Caribe, Nutrition Abstracts, Protozool. Abstracts, Review of Applied Entomology, Seed Abstracts, Tropical Oil Seeds Abstracts).



**MINISTÉRIO DA AGRICULTURA,
PECUÁRIA E ABASTECIMENTO**

**CEPLAC - Comissão Executiva do
Plano da Lavoura Cacaueira**

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

Comitê Editorial:

Edna Dora Martins Newman Luz; George Andrade Sodré; Jacques Hubert Charles Delabie; José Luís Bezerra; José Marques Pereira; José Raimundo Bonadie Marques; Karina Peres Gramacho; Lucimara Chiari; Manfred Willy Muller; Raúl René Melendez Valle; Uilson Vanderlei Lopes.

Editor: Ronaldo Costa Argôlo.

Coeditor: Quintino Reis de Araujo e George Andrade Sodré.

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

Capa: Ronaldo Costa Argôlo Filho

Endereço para correspondência:

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

Telefone: (73) 3214 -3211

E-mail:

r-agrotropica.ceplac@agro.gov.br

Tiragem: 1000 exemplares

AGROTRÓPICA

V. 34

Janeiro a abril

2022

N.1

CONTEÚDO

ARTIGOS

- 5 Triagem de germoplasma de cacau para tolerância à seca (em inglês). **M. R. de Carvalho, D. S. Novaes, B. O. Santos, K. P. Gramacho, U. V. Lopes, A. R. Sena Gomes, R. R. M. Valle.**
- 19 Atributos químicos e físicos do solo cultivado com cacauero consorciado com plantas de cobertura (em inglês). **V. R. Dorléans, G. A. Sodré, J. C. Medeiros, C. E. Pereira, R. H. de F. Noronha, E. G. de Oliveira Filho, J. D. Rosa.**
- 29 Ventilação artificial promove polinização fértil em flor de cacauero (*Theobroma cacao* L.). **K. Nakayama.**
- 41 Seleção participativa de cultivares de mandioca para mesa com agricultores do norte da Amazônia (em inglês). **E. D. Souza, H. E. de Lima-Primo, D. R. Schwengber, A. B. Alves, J. A. M. Mattioni.**
- 49 Parametros fitossociológicos e dendrométricos no manejo do sombreamento do cacauero: contribuições à conservação produtiva do sistema agroflorestal cabruca (em inglês). **E. de S. P. Lobão, I. A. L. da Silva, D. É. Lobão.**
- 59 Altura de pastejo, características do pasto e produção animal em pastagens formadas por três cultivares de *Urochloa humidicola*. **J. M. Pereira, C. de P. Rezende, A. F. Magalhães, B. J. R. Alves, R. M. Boddey.**
- 67 Ocorrência da crosta-negra em seringais do sudeste da Bahia. **A. de C. Virgens Filho, I. C. Cabral Júnior, J. Honorato Júnior, J. L. Bezerra.**
- 81 Qualidade de pulverização hidropneumática na cultura da macadâmia. **L. F. O. Ribeiro, E. L. da Vitória.**



**MINISTRY OF AGRICULTURE
LIVESTOCK AND FOOD SUPPLY**

**CEPLAC - Executive Commission of
the Cacao Agriculture Plan**

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

Editorial Committee:

Edna Dora Martins Newman Luz; George Andrade Sodré; Jacques Hubert Charles Delabie; José Luís Bezerra; José Marques Pereira; José Raimundo Bonadie Marques; Karina Peres Gramacho; Lucimara Chiari; Manfred Willy Muller; Raúl René Melendez Valle; Uilson Vanderlei Lopes.

Editor: Ronaldo Costa Argôlo.

Coeditor: Quintino Reis de Araujo and George Andrade Sodré.

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

Cover: Ronaldo Costa Argôlo Filho

Address for correspondence:

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

Telephone: 55 (73) 3214 - 3211

E-mail:

r-agrotropica.ceplac@agro.gov.br

Circulation: 1000 copies.

AGROTRÓPICA

V.34

January - April

2022

N.1

CONTENTS

ARTICLES

- 5 Screening cacao germplasm for drought tolerance. **M. R. de Carvalho, D. S. Novaes, B. O. Santos, K. P. Gramacho, U. V. Lopes, A. R. Sena Gomes, R. R. M. Valle.**
- 19 Chemical and physical attributes of the soil cultivated with cacao intercropped with cover crops. **V. R. Dorléans, G. A. Sodré, J. C. Medeiros, C. E. Pereira, R. H. de F. Noronha, E. G. de Oliveira Filho, J. D. Rosa.**
- 29 Artificial ventilation promotes fertilized pollination in cacao flower (*Theobroma cacao* L) (in Portuguese). **K. Nakayama.**
- 41 Participatory selection of sweet cassava genotypes with farmers in the northern Amazonia. **E. D. Souza, H. E. de Lima-Primo, D. R. Schwengber, A. B. Alves, J. A. M. Mattioni.**
- 49 Phytosociological and dendrometric parameters in cacao shadowing management: contributions to the productive conservation of the cabruca agroforestry system. **E. de S. P. Lobão, I. A. L. da Silva, D. É. Lobão.**
- 59 Grazing height, pasture characteristics and animal production in pastures formed by three *Urochloa humidicola* cultivars (in Portuguese). **J. M. Pereira, C. de P. Rezende, A. F. Magalhães, B. J. R. Alves, R. M. Boddey.**
- 67 Occurrence of black crust in rubber plantations in southeastern Bahia (in Portuguese). **A. de C. Virgens Filho, I. C. Cabral Júnior, J. Honorato Júnior, J. L. Bezerra.**
- 81 Quality of hydropneumatic spraying in macadamia nut. (in Portuguese). **L. F. O. Ribeiro, E. L. da Vitória.**

INSTRUÇÕES AOS AUTORES

1. O original para publicação em português, inglês ou espanhol, deve ter no máximo 18 páginas numeradas, em formato A4 (21,0 x 29,7 cm), fonte Times New Roman, corpo 12, espaço 1,5 (exceto Resumo e Abstract, em espaço simples), digitado em Word/Windows. O artigo deverá ser encaminhado à Comissão Editorial da revista por meio eletrônico. No rodapé da primeira página deverão constar o endereço postal completo e o endereço eletrônico do(s) autor(es). As figuras e tabelas devem vir à parte.

2. Os artigos devem conter: título, resumo, abstract, introdução, material e métodos, resultados e discussão, conclusões, agradecimentos e literatura citada.

3. Os artigos científicos e notas científicas devem conter introdução que destaque os antecedentes, a importância do tópico e revisão de literatura. Nos materiais e métodos devem-se descrever os materiais e métodos usados, incluindo informações sobre localização, época, clima, solo etc., bem como nomes científicos se possível completo de plantas, animais, patógenos etc., o desenho experimental e recursos de análise estatística empregada. Os resultados e discussão poderão vir juntos ou separados e devem incluir tabelas e figuras com suas respectivas análises estatísticas. As conclusões devem ser frases curtas, com o verbo no presente do indicativo, sem comentários adicionais e derivados dos objetivos do artigo.

4. **Título** - Deve ser conciso e expressar com exatidão o conteúdo do trabalho, com no máximo 15 palavras.

5. **Resumo e Abstract** - Devem conter no máximo 200 palavras. Abstract deve ser tradução fiel do resumo em inglês.

6. **Palavras chave** - Devem ser no máximo de seis, sem estar contidas no título.

7. **Introdução** - Deverá ser concisa e conter revisão estritamente necessária à introdução do tema e suporte para a metodologia e discussão.

8. **Material e Métodos** - Poderá ser apresentado de forma descritiva contínua ou com subitens, de forma a permitir ao leitor a compreensão e reprodução da metodologia citada com auxílio ou não de citações bibliográficas.

9. **Resultados, Discussão e Conclusões** - De acordo com o formato escolhido, estas partes devem ser apresentadas de forma clara, com auxílio de tabelas, gráficos e figuras, de modo a não deixar dúvidas ao leitor, quanto à autenticidade dos resultados, pontos de vistas discutidos e conclusões sugeridas.

10. **Agradecimentos** - As pessoas, instituições e empresas que contribuíram na realização do trabalho deverão ser mencionadas no final do texto, antes do item Referências Bibliográficas.

11. **Unidades de medida** - Usar exclusivamente o Sistema Internacional (S.I.).

12. **Figuras (gráficos, desenhos, mapas)** - devem ser apresentadas com qualidade que permita boa reprodução gráfica; devem ter 8,2 cm ou 17 cm de largura; as fotografias devem ser escaneadas com 300 dpi e gravadas em arquivo TIF, separadas do texto.

13. **As tabelas** - devem ser apresentadas em Word ou Excel, e os dados digitados em Times New Roman.

14. **Literatura Citada** - No texto as referências devem ser citadas da seguinte forma: Silva (1990) ou (Silva, 1990).

A normalização das referências deve seguir os exemplos abaixo:

PERIÓDICO

REIS, E. L. 1996. Métodos de aplicação e fracionamentos de fertilizantes no desenvolvimento da seringueira (*Hevea brasiliensis*) no Sul da Bahia. *Agrotropica* (Brasil) 8(2):39-44.

LIVRO

BALL, D. M.; HOVELAND, C. S.; LACEFIELD, G. D. 1991. *Southern forrages*. Atlanta, PPI. 256p.

PARTE DE LIVRO

ENTWISTLE, P. F. 1987. *Insects and cocoa*. In: Wood, G.A.R.; Lass, R. A. *Cocoa*. 4 ed. London, Longman. pp.366-443.

DISSERTAÇÃO

ROCHA, C. M. F. 1994. Efeito do nitrogênio na longevidade da folha de cacau (*Theobroma cacao* L.). *Dissertação* Mestrado. Salvador, UFBA. 31p.

TESE

ROHDE, G. M. 2003. *Economia ecológica da emissão antropogênica de CO₂ - Uma abordagem filosófica-científica sobre a efetuação humana alopoiética da terra em escala planetária*. Tese Doutorado. Porto Alegre, UFRGS/IB. 235p.

MONOGRAFIA SERIADA

TREVIZAN, S. D. P.; ELOY, A. L. S. 1995. *Nível alimentar da população rural na Região Cacaueira da Bahia*. Ilhéus, CEPLAC/CEPEC. *Boletim Técnico* n° 180. 19p.

PARTE DE EVENTO

PIRES, J. L. et al. 1994. *Cacao germplasm characterisation based on fat content*. In: *International Workshop on Cocoa Breeding Strategies*, Kuala Lumpur, 1994. *Proceedings*. Kuala Lumpur, INGENIC. pp.148-154.

A literatura citada deverá referir-se, de preferência, a trabalhos completos publicados nos últimos 5 anos.

15. **Correspondência de encaminhamento** do artigo deverá ser assinada pelo autor e coautores.

Os autores receberão cópias do seu trabalho publicado.

GUIDELINES TO AUTHORS

1 - The manuscript for publication in Portuguese, English or Spanish, not exceed 18 numbered pages, format A4, in Times New Roman, 12, 1.5 spaced (except Resumo and Abstract, simple spaced) typed in Word. The article must be addressed to the Editorial Commission in 4 printed copies and also in CD copy. Complete mailing address and e-mail of the author(s) must appear at the bottom of first page. Three out of the four copies should not state the author's name or acknowledgements, since these copies will go to reviewers. Figures (drawings, maps, pictures and graphs) and tables should be sent separately and ready for publication;

2 - Articles must contain: title, abstract, introduction, materials and methods, results and discussion, conclusions, acknowledgements and literature cited (references);

3 - Scientific articles and notes must include an introduction highlighting the background and importance of the subject and literature review. Under materials and methods one must mention information about locations, time, climate, soil, etc. and furnish Latin names of plants, animals, pathogens, etc., as well as experimental designs and statistical analysis used. Conclusions must be objective and derived from relevant results of the research.

4 - Title - It must be concise (not exceed 15 words) and express the real scope of the work.

5 - Abstract - No more than 200 words.

6 - Key words - Six at most, and should not be present in the title.

7 - Introduction - should be concise containing a strictly necessary review to the introduction of the topic and support for the methodology and discussion.

8 - Materials and Methods - may be presented in a continuous descriptive form or with subheadings, in a manner that allows the reader to understand and reproduce the described methodology. Bibliographic citations can be used.

9 - Results, Discussion and Conclusions - In accordance with the format chosen, these parts should be presented clearly, with the aid of tables, graphs and figures so as to leave no doubt as to the authenticity of the results, viewpoints discussed and conclusions emitted.

10 - Acknowledgements - Persons, institutions and companies that contributed to the accomplishment of the work should be mentioned at the end of the text before the Bibliographic References

11 - Measurement units - Use only the International System.

12 - Figures (drawings, maps, pictures and graphs) - They must possess good quality for graphic reproduction;

size 8.2 cm or 17 cm wide; photos should be scanned at 300 dpi and recorded, out of the text, in TIF file.

13 - Tables - It should be present in Word or Excel and data typed in Times New Roman, 12.

14 - References - literature cited in the text must be written as follows: Silva (1990) or (Silva, 1990).

Citation should be given as follows.

PERIODICALS

REIS, E. L. 1996. Métodos de aplicação e fracionamentos de fertilizantes no desenvolvimento da seringueira (*Hevea brasiliensis*) no Sul da Bahia. *Agrotropica* (Brasil) 8(2): 39 - 44.

BOOKS

BALL, D. M.; HOVELAND, C. S.; LACEFIELD, G. D. 1991. Southern forrages. Atlanta, PPI. 256p.

BOOK CHAPTERS

ENTWISTLE, P. F. 1987. Insects and cocoa. In: Wood, G.A.R.; Lass, R. A. Cocoa. 4 ed. London, Longman. pp.366-443.

DISSERTATION

ROCHA, C. M. F. 1994. Efeito do nitrogênio na longevidade da folha de cacau (*Theobroma cacao* L.). Dissertação Mestrado. Salvador, UFBA. 31p.

THESIS

ROHDE, G. M. 2003. Economia ecológica da emissão antropogênica de CO₂ - Uma abordagem filosófica-científica sobre a efetuação humana alopoiética da terra em escala planetária. Tese Doutorado. Porto Alegre, UFRGS/IB. 235p.

SERIAL MONOGRAPHS

TREVIZAN, S. D. P.; ELOY, A. L. S. 1995. Nível alimentar da população rural na Região Cacaueira da Bahia. Ilhéus, CEPLAC/CEPEC. Boletim Técnico n° 180. 19p.

PART OF MEETINGS

PIRES, J. L. et al. 1994. Cacao germplasm characterisation based on fat content. In: International Workshop on Cocoa Breeding Strategies, Kuala Lumpur, 1994. Proceedings. Kuala Lumpur, INGENIC. pp.148-154.

Literature cited should include published papers rather than in the last 5 years.

15 - Correspondence of guiding will have to be signed by the author and coauthors.

Authors will receive the reprints of their published paper.

SCREENING CACAO GERMPLASM FOR DROUGHT TOLERANCE

Mariana Rocha de Carvalho^{1,3}, *Danilo Sampaio Novaes*², *Bruna Oliveira Santos*², *Karina Peres Gramacho*², *Wilson Vanderlei Lopes*², *Augusto Roberto Sena Gomes*², *Raúl René Meléndez Valle*^{1,2*}

¹Department of Biological Sciences, State University of Santa Cruz, km 16, Highway BR 415, 45662-900, Ilhéus, BA, Brazil; ²Cacao Research Center (CEPEC), km 22, Highway BR 415, 45600-919, Ilhéus, BA, Brazil; ³Present address: Department of Biological Sciences, Federal University of Lavras, Aqueanta Sol, 37200-900, Lavras, MG, Brazil.

*Corresponding author: raulrenevalle@hotmail.com

Thirty progenies of the Cacao Research Center's (Cepec) cacao breeding program were submitted to water restriction and evaluated for survival, height, stomatal density, relative water content (RWC) and parameters related to the pressure-volume curve under greenhouse conditions. Drought caused an average of 120% reduction in water potential, and a decrease in RWC and survival in some progenies. A high survival capacity was observed for progenies of clones CP-309 and CP-300 characterizing resistance to severe drought under greenhouse conditions. Furthermore, these progenies showed lower losses in RWC. In the progenies evaluated it was identified mechanisms compatible with osmotic and elastic adjustment that have a role in drought tolerance and some positive correlations with plant survival in severe drought in the greenhouse, like RWC at the turgor loss point, that was considered as the main predictor of severe drought survival under controlled conditions. Given the complexity of the plant's tolerance responses and the genetic variability of the plants in Cepec cacao germplasm, we highlight the importance of screenings like this, as a starting step for cacao breeding programs aiming drought tolerance.

Key words: Pressure-volume curves, relative water content, water potential.

Triagem de germoplasma de cacau para tolerância à seca. Trinta progênies do programa de melhoramento de cacau do Centro de Pesquisas do Cacau (Cepec) foram submetidas à restrição hídrica e avaliadas quanto à sobrevivência, altura, densidade estomática, teor relativo de água (TRA) e parâmetros relacionados à curva pressão-volume em casa de vegetação. A seca causou uma redução média de 120% no potencial hídrico, e uma diminuição no TRA e sobrevivência em algumas progênies. Uma alta capacidade de sobrevivência foi observada para as progênies dos clones CP-309 e CP-300, caracterizando resistência à seca severa em condições de casa de vegetação. Além disso, essas progênies apresentaram menores perdas em TRA. Nas progênies avaliadas foram identificados mecanismos compatíveis com ajustes osmóticos e elásticos que têm papel na tolerância à seca e algumas correlações positivas com a sobrevivência das plantas em seca severa em casa de vegetação, como TRA no ponto de perda de turgescência, que foi considerado como o principal preditor de sobrevivência à seca severa sob condições controladas. Dada a complexidade das respostas de tolerância da planta e a variabilidade genética das plantas no germoplasma de cacau Cepec, destacamos a importância de triagens como esta, como um passo inicial para programas de melhoramento de cacau visando tolerância à seca.

Palavras-chave: Curvas de pressão-volume, teor relativo de água, potencial hídrico.

Introduction

The cacao tree (*Theobroma cacao* L.) is a perennial crop, widely cultivated in the humid tropics to produce seeds, the raw material for chocolate production (Lahive, Hadley & Daymond, 2019). The crop is very sensitive to drought (Alvim and Kozlowsky, 1977; Moser et al., 2010; Ayegboyin and Akinrinde, 2016), therefore, its productivity is strongly affected by soil water deficit (Garcia Lozano and Moreno Fonseca, 2015; Abdulai et al., 2018). Climatic changes pose challenges to the cacao crop, and some weather events, such as El Niño Southern Oscillation (ENSO) (Niether et al., 2020), cause losses in cacao yield, suggesting that this phenomenon plays an important role in the world cacao production (Abdulai et al., 2018). Also, it has been reported ENSO-related droughts decreasing cacao production in the African, Asian and North and South American continents (Gateau-Rey et al., 2018).

Drought events may trigger many morphological and physiological plant responses, which are multiple, interconnected and reflect adaptation mechanisms (Peixoto et al., 2006; Lawor, 2013). Plant responses may vary between species, genotypes, geographic origins, and depend on environmental factors and the stage of development (Kosová et al., 2011); however, cell responses to abiotic stresses remain conserved in many species (Zhu, 2002).

In view of the challenges imposed by climate changes, the development of drought-tolerant cacao planting materials is relevant to cacao breeding programs. Concerning this, cacao has a high genetic diversity regarding morphological and physiological traits (Daymond et al., 2002), but their use for breeding drought tolerant genotypes is still recent. According to Mitra (2001), breeding genetic improvement aiming drought tolerance requires an efficient technique to identify truly tolerant germplasm. These techniques must be quick, allow the screening of a large number of genotypes, reliable and be able to assess the performance of the plant at critical stages of development.

Finding suitable screening techniques and tolerant germplasms is important for the success of developing new genotypes varieties with drought tolerance (Bayoumi, Eid and Metwali, 2008). Therefore, efforts

have focused on looking for indirect ways of selecting plants for yield and other promising traits under water stress conditions. Morphophysiological traits can confer drought tolerance and may be used as indirect selection criteria to increase yield and plant tolerance when exposed to water stress (Fukai and Cooper, 1995). The use of these characteristics has demonstrated the improvement of performance in water limiting conditions in annual and perennial crops (Bayoumi, Eid and Metwali, 2008; Bernini, 2015; Fukai and Cooper, 1995; Cabral, Barbosa and Simabukuro, 2004; Peixoto et al., 2006; Zadraznik et al., 2017).

Among the morphophysiological traits, the alteration in growth rate is one of the first responses to water stress (Balasimha, 2016). In addition to growth, plant responses to stress may involve changes in stomatal arrangement (Grisi et al., 2008; Yu et al., 2008 and Ribeiro et al., 2012), and relative water content (Bayoumi, Eid and Metwali, 2008; Munns et al., 2010; Larkunthod et al., 2018). Other plant responses to water stress as osmotic adjustment (Wang et al., 2001; Almeida et al., 2002), cell wall elasticity (Bagherzadi et al., 2017; Wang et al., 2018), and biochemical and morphophysiological processes (Atkinson et al., 2000; Maes et al., 2009; Scoffoni et al., 2014; Neves et al., 2017) were reported.

In cacao, morphophysiological traits under water stress conditions have been used to evaluate drought tolerance of germplasms from Venezuela (Araque et al., 2012; Ávila-Lovera et al., 2016; De Almeida et al., 2016) and Nigeria (Ayegboyin and Akinrinde, 2016). Also, reports from Indonesia (Moser et al., 2010; Zakariyya, Setiyawan and Susilo, 2017), India (Balasimha and Daniel, 1988; Kacou et al., 2016) and Colombia (Garcia Lozano and Moreno Fonseca, 2015) are found. In Bahia, one of the main cacao producing areas in Brazil, relative water content (RWC), pressure-volume curves, growth and molecular techniques have been used to screen drought-tolerant cultivars in water deficit greenhouse experiments (Almeida et al., 2002; Santos et al., 2014, 2018). However, these studies used few genotypes or complex methodologies, making difficult their application in ranking large number of germplasms in practical breeding programs.

A quick and practical initial screening method for drought tolerance in seedlings is helpful to identify genotypes for further testing in the field (Lahive, Hadley and Daymond, 2019). Aiming to find screening

methods and drought-tolerant germplasms, seedlings of 30 cacao progenies, from a very diverse set of germplasms, were evaluated regarding their performance under water restriction in a greenhouse. In order to do that, it was assessed (i) resistance to water restriction, (ii) variability of morphophysiological responses to stress and their use for primary screening, and (iii) the relationship between evaluated traits and plant survival rate in those progenies.

Materials and Methods

Plant material and cultivation conditions

The experiment was carried out in a greenhouse at the Cacao Research Center (CEPEC), in Ilhéus, Bahia, Brazil (14°47'S, 39°16'W, 55 m ASL). Seedlings were obtained from open-pollinated seeds collected from 30 cacao clonal germplasm accessions in CEPEC's Cacao Germplasm Bank (Table 1). Seeds of four open-pollinated pods of each genotype were mixed and a randomly composed sample were planted in 290 cm³ polyethylene tubes containing soil as substrate. The fertilization occurred according to the crop requirements during the experiment. The seeds were sown in November/2016 and the water restriction was imposed between February 13 and March 15, 2017, totaling 32 days.

During the experimental period, temperature and relative humidity were monitored by the local climatological station. The relative humidity varied between 75% and 94.3% and the temperature between 23.2°C and 26.3°C. Initially, all plants were well-watered through sprinkler irrigation, and after 90 days of plant development, the plants were divided into two groups, the control (well-watered treatment - WW), which was irrigated daily, and the second group which was subjected to water restriction (drought-stressed treatment - DS) for 32 days. During this period, the water status of the plants was monitored by measuring midday leaf water potential (ψ_{leaf}). The water restriction experiment was established according to a split-plot design in a randomized block design, with four replications and nine plants per plot. The two treatments associated to water restriction were allocated to the main plot (WW and DS) and the 30 progenies in the subplots. In total, 240 subplots were established: 30 irrigated and 30 non-irrigated in each of the four blocks, totaling 2160 cacao seedlings.

Whole-plant responses

To assess the survival rate among progenies, an index was calculated by the ratio between the number of plants alive and the total number of plants in the plot, in two moments: at 21 days of water restriction. This period marked the beginning of the critical moment of dehydration, when the leaf senescence process started in most plants; and at 32 days, marking the end of the experiment. The relative growth rate (RGR) was calculated according to Hunt (2002), using measurements of plant height taken between the edge of the planting tube (beginning of the stem) and the apical shoot.

Table 1. List of 30 cacao genotypes used in this study and their geographical and genetic origin

Genotype	Genetic Origin	Geographical origin
BN-34	Primary germplasm*	Brazil
CCN-10	Primary germplasm*	Ecuador
CCN-51	(ICS-95 x IMC-67) x CCN-1	Ecuador
CEPEC-2002	Primary germplasm*	Brazil
CP-049	TSA-644 x CCN-51	Brazil
CP-055	CATONGO x VB-276	Brazil
CP-077	CCN-51 x TSH-565	Brazil
CP-102	Sca-6 x unknown	Brazil
CP-115	CCN-51 x EET-390	Brazil
CP-149	TSA-644 x CCN-51	Brazil
CP-176	TSA-644 x CCN-51	Brazil
CP-197	CCN-51 x TSH-1188	Brazil
CP-204	ICS-95 x TSH-516	Brazil
CP-300	(SIC-952 x Sca-12) x TSH-516	Brazil
CP-302	(SIC-952 x Sca-12) x TSH-516	Brazil
CP-305	(SIC-952 x Sca-12) x (EET-399 x RB-30)	Brazil
CP-307	(SIC-952 x Sca-12) x (EET-399 x RB-30)	Brazil
CP-309	(SIC-952 x Sca-12) x (EET-399 x RB-30)	Brazil
CP-312	(SIC-864 x Sca-12) x TSH-1188	Brazil
CP-331	TSH-1188 x TSH-1188	Brazil
CP-346	TSH-1188 x VB-514	Brazil
CSUL-04	Primary germplasm*	Brazil
IP-1	Primary germplasm*	Brazil
Ma-15	Primary germplasm*	Brazil
Pa-13	Primary germplasm*	Peru
PH-15	Primary germplasm*	Brazil
PH-16	Primary germplasm*	Brazil
PS-13.19	Primary germplasm*	Brazil
SIC-02	Primary germplasm*	Brazil
SJ-02	Primary germplasm*	Brazil

* Plant material originated from selections on farms or at the center of diversity.

Leaf water potential at midday (ψ_{leaf} , MPa) was measured in individual leaves from the second or third leaf flush, from the apex of the orthotropic axis using a pressure chamber (Scholander et al., 1965) between 12:00 and 14:00 h from a plant in each subplot.

For the estimation of the relative water content (RWC), one leaf per plant from five plants, chosen randomly out of the nine plants in the plot, for all subplots in the experiment, including well-watered and drought-stressed treatments and all progenies was taken. The leaves were collected between 12:00 and 14:00 h following the same collection protocol, and then it was measured the ψ_{leaf} and the fresh weight (FW) using a precision scale. Subsequently, the leaves were placed in a container with water to provide a constant relative humidity for overnight hydration to obtain the turgid weight value (TW). In order to obtain the dry weight (DW), the leaves were placed in an oven at 70°C for 48 h. After that, the RWC was computed by $\text{RWC} = (\text{FW} - \text{DW}) / (\text{TW} - \text{DW}) \times 100$ (Turner, 1981).

To obtain the pressure-volume curves (p-v curves) an individual fully expanded leaf between the 3rd or 4th node of a plant in each subplot of both treatments (WW and DS) was collected at 10 days of water stress, and hydrated in a wet chamber overnight, following the same procedures reported for RWC and ψ_{leaf} . After the hydration period, the leaves were quickly weighed and their ψ_{leaf} measured using a Scholander pressure chamber. After that, they were left to dry out under laboratory conditions (22°C). This process was repeated seven times at intervals of approximately 30 min. Then, the leaves were dried at 70°C for 48h to obtain the dry mass. Linear regression equations were adjusted considering the inverse of the water potential ($-1/\psi_{\text{leaf}}$) as a function of the relative water content loss (100-RWC), using Microsoft Excel. The curves were adjusted according to Schulte and Hinckley (1985) and the parameters turgor loss point (π_{tip}) and relative water content at the turgor loss point (RWC_{tip}) were estimated based on the coefficients of the linear regression of the second part of the curve, using the Excel program described by Bartlett, Scoffoni and Sack (2012).

The bulk modulus of elasticity (ϵ) was calculated using the equation $\epsilon = \Delta\psi / \Delta R^* \times R^*$ (Schulte and Hinckley, 1985; Cosgrove, 1988), where $\Delta\psi$ is the change in the cell water potential, ΔR^* is the change

in RWC% and R^* is the water content at maximum turgor, assumed to be 100% here.

For stomatal density estimation, one fully expanded leaf of three plants per plot was sampled. For this determination, it was used the epidermal printing method with cyanocrilate ester (LOCTITE®), as described by Segatto, Bisognin and Benedetti (2014). Briefly, the method consists of putting a drop of universal instant adhesive (cyanocrylate ester) on a glass slide. A leaf section is then pressed onto the glass slide for approximately 10 s, long enough for the adhesive to spread and dry, allowing the leaf to separate from the glass slide and keep the impression of the epidermis. After this, the slides were observed directly in a binocular optical microscope, with 10x magnification, in an area of 1 mm², with a millimeter eyepiece. For each leaf section, five fields were counted.

Statistical analysis

The midday ψ_{leaf} data, RWC, p-v curve parameters, and stomatal density of the treatments (WW and DS) were subjected to paired Students *t*-test ($P < 0.05$) for each progeny. Survival rate data were analyzed by Friedman's non-parametric test ($P < 0.05$), for repeated samples in blocks, and subsequently, the data were subjected to paired comparisons using the Conover test at 0.05 probability. Ward's method based in significative variables grouped the genotypes in cluster analysis and Spearman's coefficients were calculated to determine globally the relationships between variables. All data were analyzed using the SAS (Statistical Analysis System) version 9.4.

Results

Water status

In all progenies, lower values of midday ψ_{leaf} were observed when compared with measurements in well-watered plants. Severe stress was confirmed by the values of midday ψ_{leaf} which varied between -0.7 and -1.5 MPa in the well-watered treatment (WW) and -1.8 to -3.5 MPa in the drought-stressed treatment (DS) (Figure 1), with the greatest differences observed in progenies CP-049, CP-204, CP-307, CP-331, IP-1, PH-15 and SJ-02. However, no statistical differences were found among progenies within each

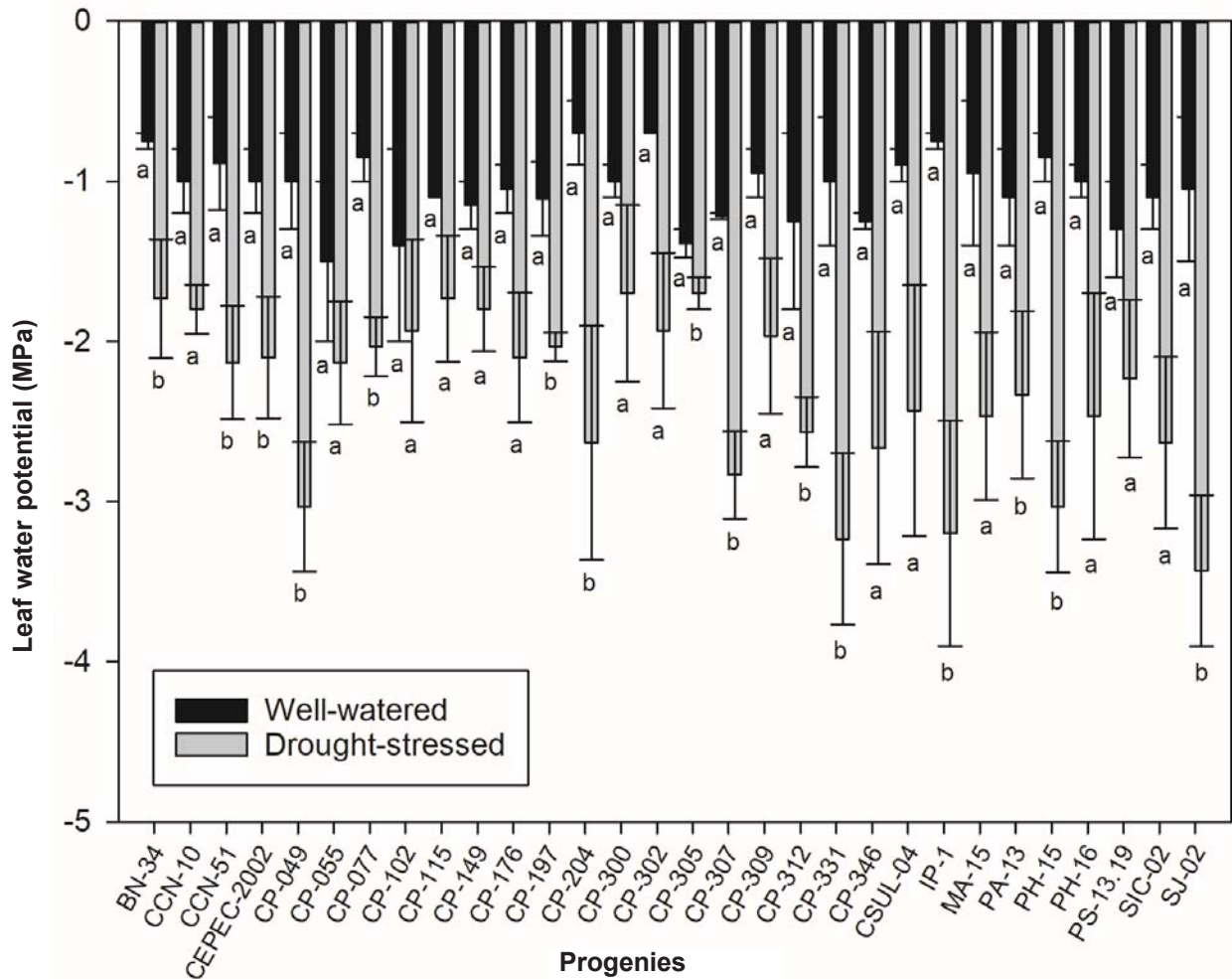


Figure 1. Midday leaf water potential for *T. cacao* progenies in well-watered (WW) and drought-stressed (DS) treatments. Average values of three replications (\pm se). The letters compare treatments (WW and DS) for each progeny. Means followed by the same letter showed no statistical difference by the Students *t*-test ($p \leq 0.1$).

treatment; however, differences were found when comparisons between WW and DS conditions were done (Figure 1).

Regarding RWC, in general all progenies had their values decreased under DS conditions; however, under the same conditions, CEPEC-2002, CP-149, CP-176, CP-305, PH-15 and PS-13.19 progenies maintained high RWC values. The CP-055 and CP-302 progenies showed the lowest values under DS conditions (Table 2).

p-v curves parameters

From the estimated *p-v* parameters, it was not observed an increase in turgor loss point (π_{tip}) in any of the progenies. A significant rise in relative water

content at the turgor loss point (RWC_{tip}) was shown in 14 of the 30 progenies studied, followed by reductions in π_{tip} , probably due to the early plasmolysis caused by the drought stress (Table 2). Regarding cell wall elasticity (ϵ), nine of the 30 progenies showed significant differences between WW and DS conditions, with lower values under drought stress, except for CP-077 which increased the ϵ value over 100% (Table 2).

Progenies survival rate

The index of plants alive was evaluated in two moments: at 21 days of water restriction, when the senescence of most plants was observed, and at 32 days, the end of the experimental period (Figure 2).

Table 2. Mean values of relative water content (RWC%), turgor loss point (π_{tp} , MPa), relative water content at the turgor loss point (RWC_{tp}) and bulk modulus of elasticity (ϵ) of 30 cacao progenies under well-watered (WW) and drought-stressed (DS) conditions

Progenies	Water conditions	RWC %	π_{tp} (MPa)	RWC _{tp} %	ϵ (MPa)
BN-34	WW	92.9 a	-1.70 a	80.4 a	5.36 a
	DS	66.0 b	-1.00 a	78.1 a	1.11 b
CCN-10	WW	92.6 a	-1.96 a	69.1 a	3.23 a
	DS	56.6 a	-0.76 b	89.2 b	3.28 a
CCN-51	WW	88.3 a	-1.50 a	87.2 a	1.02 a
	DS	64.4 b	-1.27 a	81.3 a	0.46 b
CEPEC-2002	WW	79.0 a	-1.40 a	48.5 a	2.94 a
	DS	83.7 a	-1.03 a	90.0 b	3.58 a
CP-049	WW	92.0 a	-2.50 a	62.0 a	2.91 a
	DS	73.4 a	-0.90 a	82.6 a	0.00 b
CP-055	WW	68.5 a	-1.75 a	75.0 a	1.24 a
	DS	46.3 b	-1.00 a	90.8 b	4.94 a
CP-077	WW	95.2 a	-2.00 a	68.9 a	3.63 a
	DS	52.6 b	-2.33 a	88.6 a	9.70 b
CP-102	WW	63.8 a	-2.00 a	54.9 a	2.91 a
	DS	55.1 a	-1.13 b	88.5 a	3.93 a
CP-115	WW	83.8 a	-1.30 a	79.9 a	1.76 a
	DS	80.0 a	-1.23 a	85.1 a	1.54 a
CP-149	WW	89.2 a	-2.10 a	66.7 a	3.03 a
	DS	84.9 a	-1.23 a	85.1 a	1.54 a
CP-176	WW	87.6 a	-1.98 a	61.0 a	4.10 a
	DS	87.6 a	-0.90 a	89.1 a	1.26 a
CP-197	WW	78.7 a	-2.20 a	67.3 a	5.04 a
	DS	63.7 a	-1.03 b	88.2 b	2.85 a
CP-204	WW	75.6 a	-1.50 a	73.7 a	2.44 a
	DS	72.1 a	-1.10 b	88.8 b	3.49 a
CP-300	WW	80.4 a	-2.00 a	72.4 a	4.36 a
	DS	59.0 a	-1.13 b	87.2 b	4.39 a
CP-302	WW	82.2 a	-1.60 a	66.5 a	2.12 a
	DS	40.3 a	-0.93 a	88.8 a	2.28 a
CP-305	WW	85.4 a	-1.80 a	80.0 a	2.89 a
	DS	88.5 a	-0.77 b	89.5 b	0.33 b
CP-307	WW	74.4 a	-1.30 a	68.6 a	2.25 a
	DS	82.3 a	-0.86 b	90.6 b	3.12 a
CP-309	WW	80.3 a	-1.90 a	70.7 a	3.34 a
	DS	69.4 a	-0.90 b	90.2 b	4.73 a
CP-312	WW	79.1 a	-2.0 a	61.8 a	2.53 a
	DS	67.5 a	-0.93 b	87.9 b	1.66 a
CP-331	WW	85.5 a	-2.60 a	55.4 a	4.84 a
	DS	68.9 a	-0.90 a	72.2 a	0.32 b
CP-346	WW	86.5 a	-1.71 a	91.5 a	4.30 a
	DS	79.6 a	-1.27 a	85.7 a	2.74 a
CSUL-04	WW	87.6 a	-2.00 a	52.0 a	2.18 a
	DS	65.4 a	-1.13 a	88.6 b	1.35 b

Continuation Table 2.

IP-1	WW	94.4 a	-2.30 a	66.6 a	5.55 a
	DS	70.3 a	-0.83 a	87.0 a	0.89 b
Ma-15	WW	78.8 a	-1.60 a	69.4 a	2.32 a
	DS	78.7 a	-0.83 a	88.7 a	0.75 b
Pa-13	WW	74.5 a	-1.51 a	80.7 a	2.46 a
	DS	60.6 a	-0.70 b	88.0 b	2.66 a
PH-15	WW	81.9 a	-1.70 a	73.3 a	4.85 a
	DS	87.7 a	-1.00 a	88.8 a	-1.03b
PH-16	WW	75.5 a	-1.80 a	76.4 a	4.17 a
	DS	72.1 a	-1.06 a	89.2 b	1.65 a
PS-13.19	WW	86.2 a	-1.75 a	82.2 a	2.74 a
	DS	84.3 a	-1.00 a	88.3 a	0.14 a
SIC-02	WW	83.0 a	-2.30 a	63.5 a	3.09 a
	DS	82.7 a	-0.73 a	87.0 b	0.32 a
SJ-02	WW	81.6 a	-1.57 a	87.0 a	4.04 a
	DS	75.7 a	-0.90 a	87.6 a	0.00 a

Means followed by same letter for each progeny within water conditions do not differ according to Student's t-test ($P < 0.05$).

However, significant differences between progenies were observed only at the 21 days measurements (Table 3).

The progenies that showed the higher survival rates were CP-309 and CP-300 (survival >75%); while the progenies of PH-16, CP-176, CP-302, CP-331, PS-13.19, BN-34, CEPEC-2002, CP-197, CP-204 and CP-102, had more than 50% survival after 21 days of water restriction in 290 cm³ containers (Table 3). At 32 days of water restriction, the progenies did not differ in relation to survival rates, showing mean values between 3% and 24%; however, CP-309 remained the progeny with the largest number of living plants, followed by PH-16, CP-302 and CP-115.

Stomatal density determination

The leaf epidermal printing technique, using universal adhesive, proved to be efficient in measuring the number of stomata per leaf area. The values varied between 443 and 816 stomata per mm² and were found only on the abaxial face (Table 4). The progeny PS-13.19 showed a 100% increase in stomatal density in DS, when compared to the WW conditions and BN-34, CCN-10, CP-055, CP-204 and CP-302 showed an opposite response.



Figure 2. (A) Cacao seedlings in the acclimatization phase before irrigation interruption. (B) Symptoms of leaf wilt and senescence observed in plants at 14 days of water restriction. (C) and (D) Plants that resisted drought and remained alive after 32 days of water restriction.

Correlations

Progeny survival rate at 21 days of water restriction was negatively correlated with higher relative water content at the turgor loss point ($RWC_{t_{lp}}$, WW, $r = -0.25^*$ and DS, $r = -0.18^*$). Survival rate at 32 days of water restriction was no significantly correlated with $RWC_{t_{lp}}$ (Table 5).

Leaf relative water content, in turn, was positively related to stomatal density (SD) measurements in both WW and DS treatments, with $r = 0.27^*$ and $r = 0.29^*$ respectively (Table 5). The values of ϵ were positively correlated with the survival at 21 days of water restriction in DS conditions ($r = 0.23^{**}$) and $RWC_{t_{lp}}$ ($r = 0.29^{**}$) and negatively correlated with RWC ($r = -0.22^{**}$) and the turgor loss point in stressed plants ($\pi_{t_{lp}}$, $r = -0.23^*$) and well watered plants ($r = -0.42^{***}$).

Identification of tolerant genotypes based on cluster analysis

A multivariate analysis was performed based on the similarity of the variables that showed differences under drought conditions. The results showed the formation of four distinct groups (Figure 3). The first group (I) was represented by 13 genotypes, the second (II) by five, the third (III) by two, and fourth (IV) by 10. The association was consistent with genetic similarities and drought tolerance responses. The break in the plots shows four well defined clusters because it shows a large break between branches of the tree. Thus, genotypes of groups I and III were grouped as being tolerant to water stress in this study, and genotypes of the group II were considered moderately tolerant, whereas, the more sensitive genotypes were grouped in group IV.

Table 3. Survival rate at 21 and 32 days of water restriction (SR 21, SR 32) in seedlings of 30 cacao progenies

Progenies	SR 21	SR 32
CP-309	77.8 a	23.6 a
CP-300	75.0 ab	8.33 a
PH-16	59.7 abc	22.6 a
CP-176	58.3 abc	8.33 a
CP-302	57.6 abcd	20.2 a
CP-331	57.5 abcd	8.33 a
PS-13.19	57.5 abcd	14.7 a
BN-34	55.9 abcd	5.90 a
CEPEC-2002	54.5 abcd	2.78 a
CP-197	52.8 abcd	11.8 a
CP-204	50.2 abcde	11.5 a
CP-102	50.0 abcde	17.0 a
CP-115	48.3 abcde	21.5 a
IP-1	46.6 abcde	14.3 a
CSUL-04	45.5 abcde	15.6 a
CCN-10	44.1 abcde	6.4 a
CP-307	42.0 abcde	12.2 a
PH-15	40.3 bcde	4.43 a
CP-149	40.3 bcde	12.5 a
SIC-02	36.5 cde	3.12 a
Pa-13	36.2 cde	13.8 a
CP-346	34.2 cde	5.55 a
CP-312	30.6 cde	2.78 a
CP-055	29.9 cde	5.90 a
CP-305	29.2 cde	6.35 a
CP-049	28.5 cde	8.33 a
CP-077	26.7 cde	4.17 a
SJ-02	22.5 cde	9.13 a
Ma-15	20.2 de	5.55 a
CCN-51	15.4 e	3.57 a

Means followed by same letter within each column do not differ according to Conover test ($P < 0.05$).

Table 4. Stomatal density (SD mm^{-2}) of 22 progenies¹ of cacao plant in well-watered (WW) and drought-stressed (DS) conditions

Progenies	SD (mm^{-2}) - WW	SD (mm^{-2}) - DS
BN-34	721 a	507 b
CCN-10	747 a	603 b
CCN-51	671 a	816 b
CEPEC-2002	531 a	749 b
CP-055	725 a	541 b
CP-077	685 a	595 a
CP-115	613 a	645 a
CP-149	643 a	732 a
CP-176	504 a	681 b
CP-197	655 a	763 a
CP-204	780 a	671 b
CP-300	607 a	680 a
CP-302	593 a	489 b
CP-300	500 a	659 b
CP-309	523 a	576 a
CP-331	727 a	600 a
CP-346	591 a	723 a
CSUL-04	540 a	636 b
IP-1	635 a	675 a
PH-15	533 a	608 b
PH-16	443 a	704 b
PS-13.19	355 a	797 b

¹Eight progenies did not have plants under drought conditions to compare with well-watered plants. Means followed by same letter within each line do not differ according to Students' *t*-test ($P < 0.05$).

Table 5. Correlation matrix for index (%) of survival rate at 21 and 32 days of water restriction (SR 21, SR 32), relative growth rate (RGR, $\text{cm cm}^{-1} \text{day}^{-1}$), relative water content (RWC), water potential (ψ_{leaf} , MPa), stomatal density (SD mm^{-2}), bulk modulus of elasticity (ϵ , MPa), turgor loss point (π_{tip} , MPa) and relative water content at the turgor loss point (RWC_{tip})

Variables	Condition	Live 32	RGR	RWC	ψ_{leaf}	SD	ϵ	π_{tip}	RWC_{tip}
SR 21	WW	0.23***	-0.02 ^{ns}	-0.18 ^{ns}	-0.07 ^{ns}	0.07 ^{ns}	-0.23*	-0.20 ^{ns}	-0.25*
	DS	0.23***	0.18*	0.007 ^{ns}	0.22**	-0.09 ^{ns}	0.23**	-0.03 ^{ns}	-0.18 ^{ns}
SR 32	WW		0.10 ^{ns}	0.003 ^{ns}	-0.03 ^{ns}	-0.13 ^{ns}	-0.09 ^{ns}	0.17 ^{ns}	0.09 ^{ns}
	DS		0.11 ^{ns}	-0.18*	0.10 ^{ns}	-0.17 ^{ns}	-0.05 ^{ns}	-0.07 ^{ns}	-0.01 ^{ns}
RGR	WW			0.09 ^{ns}	-0.17 ^{ns}	0.12 ^{ns}	-0.04 ^{ns}	0.17 ^{ns}	-0.12 ^{ns}
	DS			0.12 ^{ns}	0.17 ^{ns}	0.06 ^{ns}	0.16 ^{ns}	0.00 ^{ns}	0.24*
RWC	WW				-0.04 ^{ns}	0.27*	0.15 ^{ns}	-0.15 ^{ns}	0.13 ^{ns}
	DS				-0.20*	0.29*	-0.22**	0.05 ^{ns}	0.03 ^{ns}
ψ_{leaf}	WW					0.13 ^{ns}	0.13 ^{ns}	0.09 ^{ns}	0.19 ^{ns}
	DS					-0.06 ^{ns}	0.30***	-0.20 ^{ns}	0.07 ^{ns}
SD	WW						0.17 ^{ns}	-0.08 ^{ns}	0.10 ^{ns}
	DS						-0.18 ^{ns}	0.28 ^{ns}	0.32 ^{ns}
ϵ	WW							-0.42***	-0.36***
	DS							-0.23*	0.29**
π_{tip}	WW								0.26*
	DS								0.21 ^{ns}

WW = Well-watered treatment with ψ_{leaf} between -0.7 and -1.5 MPa; DS = Drought-stressed treatment with ψ_{leaf} between -1.8 and -3.5.0 MPa. Comparisons of the correlation coefficients were made using the Spearman test; (***) $p < 0.01$; (**) $p < 0.05$; (*) $p < 0.1$; (ns) not significant.

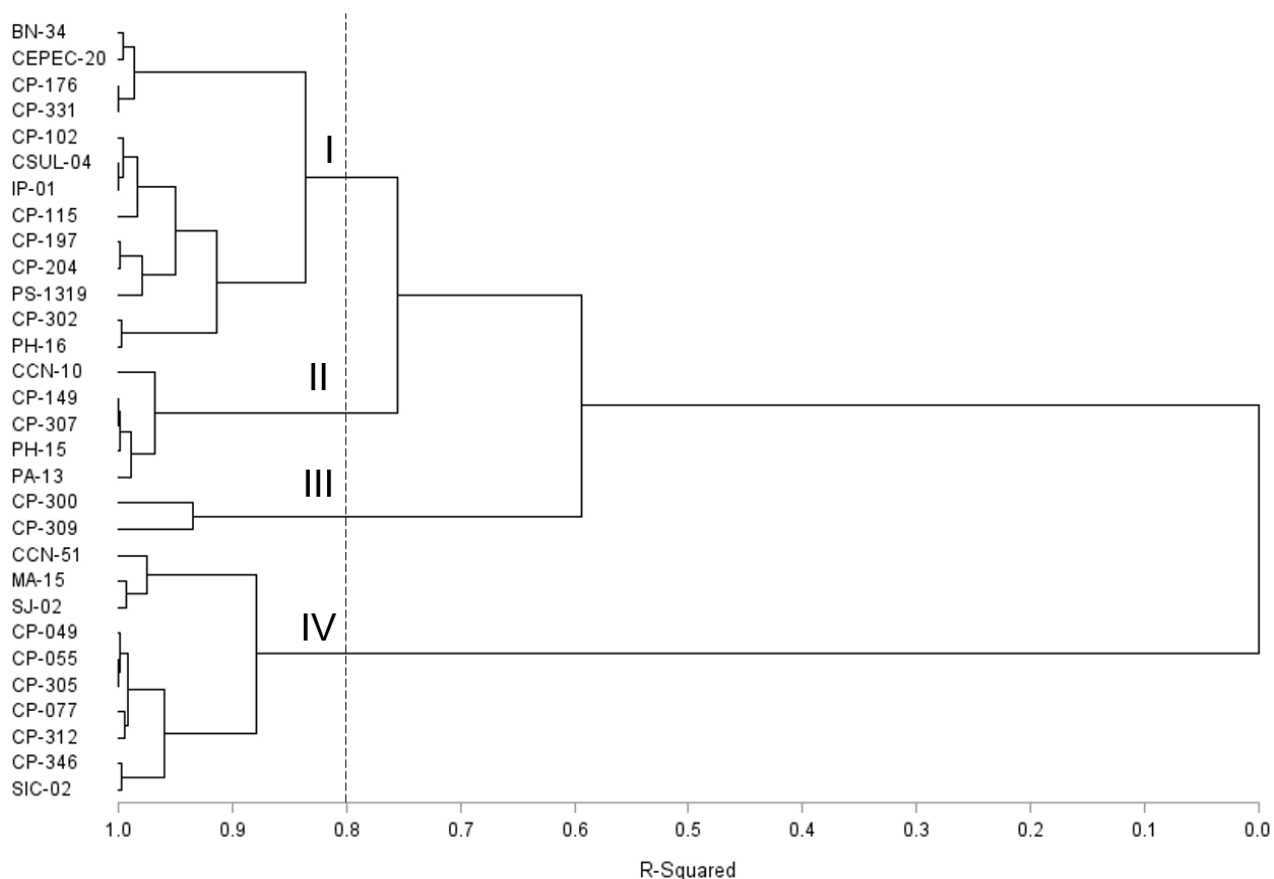


Figure 3. Cluster analysis of 30 genotypes of *Theobroma cacao* submitted to water restriction for 32 days, based in Euclidian distance from survival rate, relative water content, water potential, stomatal density, and p-v curve parameters under drought conditions, using the Ward's method.

Discussion

Plant death induced by water stress has often been observed, however, some plants are able to resist, while others succumb to drought (McDowell et al., 2008). This was corroborated by our study, that is, of the 30 cacao genotypes, sensitive progenies showed the greatest damage resulting in high mortality rates. Plants with leaves still turgid were found, while the majority had chlorosis, leaf senescence and permanent wilting point. Symptoms similar to those observed by other authors under severe water stress conditions were also observed in this study (Atkinson et al., 2000; Jeanneau et al., 2002; Bogeat-Triboulot et al., 2006). The cacao tree shows the potential of adaptive morphology under hydric limitations and rapid leaf fall occurs in some genotypes in response to water stress (Lahive, Hadley and Daymond, 2019).

In addition to senescence at the plant and leaf level, growth is one of the most sensitive responses to water stress. In our study, the surviving plants did not show changes in plant height due to drought, either when the RGR or the height difference was evaluated. Growth responses under water stress have been shown to be species-specific and different results have been reported for this parameter under drought conditions (Aguirrezabal et al., 2006; Pereyra-Irujo et al., 2008) featuring a dynamic and flexible balance between growth and survival of stressed plants (Claeys and Inze, 2013). In cacao, Araque et al. (2012) also did not observe responses in the growth of young plants in dry seasons. This can be explained if we consider that the plants were in the acclimatization phase, when the plants strategies are focused on staying alive and there is no investment of energy in other functions, such as growth. This phase is related to a plant strategy to

restore cellular homeostasis (Munns et al., 2010; Kosová et al., 2011, 2015).

Regarding the RWC, we observed a great variability among progenies when the difference under stress and well-watered conditions were considered. However, in general the RWC decreased during the first days of stress for all progenies. Considering that, with the interruption of irrigation, the rate of water removed from the soil becomes completely dependent on the loss of water to the atmosphere and this total water loss is in turn dependent on the size of the plant, leaf area, stomatal conductance, and environmental conditions; RWC allows inferring about the mechanisms to prevent dehydration.

Considering these factors, RWC is among the most frequently used criteria for differentiate tolerant germplasms in different crop species (Bayoumi, Eid and Metwali, 2008; Munns et al., 2010; Hopper, Ghan and Cramer, 2014; Anupama et al., 2018). In cacao, Balasimha and Daniel (1988) used this method to evaluate drought-tolerant and sensitive genotypes. They observed that drought-sensitive accessions exhibited more pronounced curves compared to tolerant clones (Balasimha and Daniel, 1988). Given this fact, we can infer that the RWC is a powerful measurement variable to assess the water status of the plant, but for a better interpretation of tolerance responses this measure must be complemented by other analysis at the plant and cell level, as for example parameters derived from the pressure-volume curve (p-v).

In our study, the parameters RWC_{tip} (relative water content at turgor loss point) and ϵ (bulk modulus of elasticity) were related to survival in stress conditions and can be used as indirect measurements of plant resistance to water restriction. Similar correlations are described in the literature for a variety of species and biomes (Lenz, Wright and Westoby, 2006; Bartlett et al., 2014; Maréchaux et al., 2015). Furthermore, these two parameters were negatively correlated with each other, i.e., more elastic cell walls tend to lose cell turgor at higher water potential values, and even lower RWC_{tip} values were related to more elastic walls, which indicates cell wall stiffness as a drought tolerance mechanism (Bartlett, Scoffoni and Sack, 2012; Bartlett, 2014). In this study, the progeny CP-077, which presented a discrepant response in ϵ , showing greater wall stiffness in DS conditions, also had a lower

survival rate, corroborating the idea that greater wall elasticity would be more advantageous under drought stress.

The turgor loss point (ψ_{tip}) corresponds to the water potential in incipient plasmolysis and is considered the most determinant variable in the quantification of drought tolerance, among all parameters derived from the p-v curve. Its amplitude defines the range in which the leaf cells remain turgid and remain functional (McDowell, 2011; Sack et al., 2013; Scoffoni et al., 2012). In addition, this parameter is closely related to the permanent wilting point that had a limit of -1.5 MPa; however, it is known that this value varies between tropical species (Maréchaux et al., 2015). All p-v parameters evaluated here are cited as mechanisms that alleviate decreases in plant growth and yield during water stress (Merchant et al., 2007; Moore et al., 2008; Kozłowski and Pallardy, 2002).

The stomatal density is directly related to the processes of contraction and cellular expansion regulated by the elasticity/rigidity of the wall, and makes the stomata closer to each other, contributing to a better control of transpiration (Bosabalidis and Kofidis, 2002; Xu and Zhou, 2008). Stomatal density can vary in plants subjected to water stress and changes in this trait have been described in the literature as a mechanism for adapting to water stress in cacao (Zakariyya, Setiyawan and Susilo, 2017) and other species (Grisi et al., 2008; Yu et al., 2008; Maes et al., 2009), and may be result of new stomata or reduction of leaf area.

Stomatal density values found in our study agree with the average values obtained for cacao leaves (Gomes et al., 1988). The progenies BN-34, CCN-10, CP-055, CP-204 and CP-302 showed a reduction in stomatal density under water restriction; however, some showed an inverse behavior, such as CCN-51, CEPEC-2002, PH-16 and PS-13.19, which had higher values under this condition. Lowest stomatal density has been reported as drought tolerance trait for improvement water use efficient (Hughes et al., 2017), however, PS-13.19 considered a drought tolerant clone by Santos et al. (2014) based on growth variables, oxidative stress, and chemical composition, in this study had a 100% increase in stomatal density under drought conditions when compared to the control.

In the present work, the approach described by Lawor (2013) as a single drought cycle was used. A

method widely used to establish drought resistance due to its ease, simplicity, and clarity (Lawor, 2013). It is important to note that the drought imposition approach directly affects the dynamics of the stress phases. According to Kosova et al. (2015), our experiment covered the alarm and acclimatization phases; however, the resistance phase was not reached in senescent plants. In plants that resisted drought and recovered after irrigation was restored, we propose that this phase was reached, since they recovered when the stressor was removed. Another factor is the size of the pots used in the experiment, which over the days may have caused additional stress by limiting space and nutrients, accelerating this phase dynamics. Lastly, the control of water loss in drought tolerance tests is influenced by several factors inherent to the plant and the environment, and this may have interfered with the differentiation of progenies for some of the variables evaluated.

Conclusion

Progenies of CP-309 and CP-300 showed the highest levels of survival rate followed by PH-16, CP-176, CP-302, CP-331, PS-13.19, BN-34 and CEPEC-2002 characterizing resistance to severe drought. Therefore, these progenies should be studied in more detail as to their response mechanisms to water stress.

Among the progenies evaluated, a positive correlation between the parameters RWC, ϵ , RWC_{tp} and survival under severe drought were found, with RWC_{tp} being considered as the main predictor of survival to severe drought in the present work. These parameters were able to associate the studied genotypes in well-defined groups that in the future may support future studies on cocoa drought tolerance. These mechanisms may participate in responses to water stress, by limiting dehydration or maintaining greater water potential and/or processes that allow tolerance to lower water potential values, and therefore need to be further studied.

Acknowledgments

The authors thank the CEPEC/CEPLAC technical team (Ilheus, Bahia), the field staff of the Genetics

Division, the Scientific Initiation students involved in the work and the Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel (CAPES) that provided the scholarship to the first author during the development of the project.

Literature Cited

- ABDULAI, I. et al. 2018. Cocoa agroforestry is less resilient to sub-optimal and extreme climate than cocoa in full sun. *Global Change Biology* 24:273-286.
- ALVIM, P. T.; KOZLOWSKY, T. T. 1977. *Ecophysiology of tropical crops* (ed). Academic Press, New York. pp.279-313.
- AGUIRREZABAL, L. et al. 2006. Plasticity to soil water deficit in *Arabidopsis thaliana*: dissection of leaf development into underlying growth dynamic and cellular variables reveals invisible phenotypes. *Plant Cell Environment* 29:2216-2227.
- ALMEIDA, A. A. F. et al. 2002. Water relations' aspects of *Theobroma cacao* L. clones. *Agrotopica (Brasil)* 14:35-44.
- ANUPAMA, A. et al. 2018. Assessing the correlation of genotypic and phenotypic responses of indica rice varieties under drought stress. *Plant Physiology and Biochemistry* 127:343-354.
- ARAQUE, O. et al. 2012. Comparative photosynthesis, water relations, growth and survival rates in juvenile criollo cacao cultivars (*Theobroma cacao* L.) during dry and wet seasons. *Experimental Agriculture* 48:513-522.
- ATKINSON, C. J. et al. 2000. Drought tolerance of clonal *Malus* determined from measurements of stomatal conductance and leaf water potential. *Tree Physiology* 20:557-563.
- AVILA-LOVERA, E. et al. 2016. Ecophysiological traits of adult trees of criollo cacao cultivars (*Theobroma cacao* L.) from a germplasm bank in Venezuela. *Experimental Agriculture* 52:137-153.
- AYEGBOYIN, K. O.; AKINRINDE, E. A. 2016. Effect of water deficit imposed during the early developmental phase on photosynthesis of cocoa (*Theobroma cacao* L.). *Agricultural Sciences* 07:11-19.

- BAGHERZADI, L. et al. 2017. Assessing water-related plant traits to explain slow-wilting in soybean PI 471938. *Journal of Crop Improvement* 31:400-417.
- BALASIMHA, D. 2016. Cocoa and Cashew. In: Rao, N.K.S.; Shivashankara, K.S.; Laxman, R.H. (eds.). *Abiotic Stress Physiology of Horticultural Crops*. New Delhi, Springer India. pp.307-319.
- BALASIMHA, D.; DANIEL E. V. 1988. A screening method for drought tolerance in cocoa. *Current Science* 57(7):395-395.
- BARTLETT, M. K.; SCOFFONI, C.; SACK, L. 2012. The determinants of leaf turgor loss point and prediction of drought tolerance of species and biomes: a global meta-analysis: Drivers of plant drought tolerance. *Ecology Letters* 15:393-405.
- BARTLETT, M. K. et al. 2014. Global analysis of plasticity in turgor loss point, a key drought tolerance trait. *Ecology Letters* 17(12):1580-1590.
- BAYOUMI, T. Y.; EID, M. H.; METWALI, E. M. 2008. Application of physiological and biochemical indices as a screening technique for drought tolerance in wheat genotypes. *African Journal of Biotechnology* 7(14):2341-2352.
- BERNINI, C. S. 2015. Seleção de progênies interpopulacionais de milho e estimativas de parâmetros genéticos relacionados com tolerância à seca. Tese de Doutorado. Instituto Agronômico de Campinas, São Paulo. 118p.
- BOGEAT-TRIBOULOT, M. B. et al. 2006. Gradual Soil water depletion results in reversible changes of gene expression, protein profiles, ecophysiology, and growth performance in *Populus euphratica*, a poplar growing in arid regions. *Plant Physiology* 143:876-892.
- BOSABALIDIS, A. M.; KOFIDIS, G. 2002. Comparative effects of drought stress on leaf anatomy of two olive cultivars. *Plant Science* 163:375-379.
- CABRAL, E. L.; BARBOSA, D. C. de A.; SIMABUKURO, E. A. 2004. Crescimento de plantas jovens de *Tabebuia aurea* (Manso) Benth. & Hook. f. ex S. Moore submetidas a estresse hídrico. *Acta Botanica Brasilica* 18:241-251.
- CLAEYS, H.; INZE, D. 2013. The agony of choice: how plants balance growth and survival under water-limiting conditions. *Plant Physiology* 162:1768-1779.
- COSGROVE, D. J. 1988. In defense of the cell volumetric elastic modulus. *Plant, Cell and Environment* 11:67-69.
- DAYMOND, A. J. et al. 2002. Canopy characteristics of contrasting clones of cacao (*Theobroma cacao*). *Experimental Agriculture* 38(3):359-367.
- DE ALMEIDA, J.; TEZARA, W.; HERRERA, A. 2016. Physiological responses to drought and experimental water deficit and waterlogging of four clones of cacao (*Theobroma cacao* L.) selected for cultivation in Venezuela. *Agricultural Water Management* 171:80-88.
- FUKAI, S.; COOPER, M. 1995. Development of drought-resistant cultivars using physiomorphological traits in rice. *Field Crops Research* 40:67-86.
- GARCIA LOZANO, J.; MORENO FONSECA, L. P. 2015. Respuestas fisiológicas de *Theobroma cacao* L. en etapa de vivero a la disponibilidad de agua en el suelo. *Acta Agronómica* 65(1):44-50.
- GATEAU-REY, L. et al. 2018. Climate change could threaten cocoa production: Effects of 2015-16 El Niño-related drought on cocoa agroforests in Bahia, Brazil. *Plos One* 13(7):e0200454.
- GOMES, A. R. S.; KOZLOWSKY, T. T.; REICH, P. B. 1988. Some physiological responses of *Theobroma cacao* var. catongo seedlings to air humidity. *New Phytologist* 107:591-602.
- GRISI, F. A. et al. 2008. Avaliações anatômicas foliares em mudas de café 'catuaí' e 'siriema' submetidas ao estresse hídrico. *Ciência e Agrotecnologia* 32(6):1730-1736.
- HOPPER, D. W.; GHAN, R.; CRAMER, G. R. 2014. A rapid dehydration leaf assay reveals stomatal response differences in grapevine genotypes. *Horticulture Research* 1(2):1-8.
- HUGHES, J. et al. 2017. Reducing stomatal density in barley improves drought tolerance without impacting on yield. *Plant physiology* 174(2):776-787.

- HUNT, R. 2002. A modern tool for classical plant Growth analysis. *Annals of Botany* 90:485-488.
- JEANNEAU, M. et al. 2002. Improvement of drought tolerance in maize: towards the functional validation of the *Zm-Asr1* gene and increase of water use efficiency by over-expressing C4-PEPC. *Biochimie* 84:1127-1135.
- KACOU, A. A. M. et al. 2016. Morpho-physiological criteria for assessment of two-month-old cocoa (*Theobroma cacao* L.) genotypes for drought tolerance. *Indian Journal of Plant Physiology* 21:23-30.
- KOSOVÁ, K. et al. 2011. Plant proteome changes under abiotic stress - Contribution of proteomics studies to understanding plant stress response. *Journal of Proteomics* 74:1301-1322.
- KOSOVÁ, K. et al. 2015. Biological networks underlying abiotic stress tolerance in temperate crops - A proteomic perspective. *International Journal of Molecular Sciences* 16:20913-20942.
- KOZŁOWSKI, T. T.; PALLARDY, S. G. 2002. Acclimation and adaptative responses of woody plants to environmental stress. *Botanical Review* 68:270-334.
- LAHIVE, F.; HADLEY, P.; DAYMOND, A. J. 2019. The physiological responses of cacao to the environment and the implications for climate change resilience. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 39(1):1-22.
- LARKUNTHOD, P. et al. 2018. Physiological responses under drought stress of improved drought-tolerant rice lines and their parents. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca* 46(2):679-687.
- LAWOR, D. W. 2013. Genetic engineering to improve plant performance under drought physiological evaluation of achievements, limitations, and possibilities. *Journal Experimental of Botany* 64:83-168.
- LENZ, T. I.; WRIGHT, I. J.; WESTOBY, M. 2006. Interrelations among pressure-volume curve RWC its across species and water availability gradients. *Physiologia Plantarum* 127:423-433.
- MAES, W. H. et al. 2009. Plant-water relationships and growth strategies of *Jatropha curcas* L. seedlings under different levels of drought stress. *Journal of Arid Environments* 73:877-884.
- MARÉCHAUX, I. et al. 2015. Drought tolerance as predicted by leaf water potential at turgor loss point varies strongly across species within an Amazonian forest. *Functional Ecology* 29:1268-1277.
- MCDOWEL, N. G. 2011. Mechanisms linking drought, hydraulics, carbon metabolism, and vegetation mortality. *Plant Physiology* 155(3):1051-1059.
- MCDOWELL, N. et al. 2008. Mechanisms of plant survival and mortality during drought: why do some plants survive while others succumb to drought? *New Phytologist* 178:719-739.
- MERCHANT, A. et al. 2007. Contrasting physiological responses of six Eucalyptus species to water deficit. *Annals of Botany* 100(7):1507-1515.
- MITRA, J. 2001. Genetics and genetic improvement of drought resistance in crop plants. *Current Science* 80:758-764.
- MOORE, J. P. et al. 2008. Adaptations of higher plant cell walls to water loss: drought vs desiccation. *Physiology Plant* 134:237-245.
- MOSER, G. et al. 2010. Response of cocoa trees (*Theobroma cacao*) to a 13-month desiccation period in Sulawesi, Indonesia. *Agroforestry Systems* 79:171-187.
- MUNNS, R. et al. 2010. New phenotyping methods for screening wheat and barley for beneficial responses to water deficit. *Journal of Experimental Botany* 61:3499-3507.
- NEVES, D. M. et al. 2017. Recurrent water deficit causes epigenetic and hormonal changes in citrus plants. *Scientific Reports* 7:1-11.
- NIETHER, W. et al. 2020. The effect of short-term vs. long-term soil moisture stress on the physiological response of three cocoa (*Theobroma cacao* L.) cultivars. *Plant Growth Regulation* 92(2):295-306.
- PEIXOTO, C. P. et al. 2006. Análise de crescimento de diferentes genótipos de citros cultivados sob déficit hídrico. *Revista Brasileira de Fruticultura* 28(3):439-443.
- PEREYRA-YRUJO, G. A. et al. 2008. Genetic

- variability for leaf growth rate and duration under water deficit in sunflower: analysis of responses at cell, organ, and plant level. *Journal Experimental of Botany* 59:2221-2232.
- RIBEIRO, M. de N. O. et al. 2012. Anatomia foliar de mandioca em função do potencial para tolerância à diferentes condições ambientais. *Revista Ciência Agronômica* 43:354-361.
- SACK, L. et al. 2013. How do leaf veins influence the worldwide leaf economic spectrum? Review and synthesis. *Journal of Experimental Botany* 64:4053-4080.
- SANTOS, I. C. dos et al. 2014. Molecular, physiological and biochemical responses of *Theobroma cacao* L. genotypes to soil water deficit. *Plos One* 9(12):e115746.
- SANTOS, E. A. dos et al. 2018. Path analysis of phenotypic traits in young cacao plants under drought conditions. *Plos One* 13(2):e0191847.
- SCHOLANDER, P. F. et al. 1965. Sap pressure in vascular plants. *Science* 148:339-346.
- SCHULTE, P. J.; HINCKLEY, T. M. 1985. A comparison of pressure-volume curve data analysis techniques. *Journal of Experimental Botany* 36:1590-1602.
- SCOFFONI, C. et al. 2014. Leaf shrinkage with dehydration: coordination with hydraulic vulnerability and drought tolerance. *Plant Physiology* 164:1772-1788.
- SEGATTO, F. B.; BISOGNIN, D. A.; BENEDETTI, M. 2004. Técnica para o estudo da anatomia da epiderme foliar de batata. *Ciência Rural* 34(5):1597-1601.
- TURNER, N. C. 1981. Techniques and experimental approaches for the measurement of plant water status. *Plant and Soil* 58:339-366.
- WANG, X. et al. 2018. Leaf hydraulic vulnerability triggers the decline in stomatal and mesophyll conductance during drought in rice. *Journal of Experimental Botany* 69:4033-4045.
- WANG, W. X. et al. 2001. Biotechnology of plant osmotic stress tolerance physiological and molecular considerations. *Acta Horticulturae* 560:285-292.
- XU, Z.; ZHOU, G. 2008. Responses of leaf stomatal density to water status and its relationship with photosynthesis in a grass. *Journal of Experimental Botany* 59:3317-3325.
- YU, H. et al. 2008. Activated Expression of an Arabidopsis HD-START protein confers drought tolerance with improved root system and reduced stomatal density. *The Plant Cell Online* 20:1134-1151.
- ZADRAZNIK, T.; EGGE-JACOBSEN, W.; MEGLIÈ, V.; SUSTAR-VOZLIÈ, J. 2017. Proteomic analysis of common bean stem under drought stress using in-gel stable isotope labeling. *Journal of Plant Physiology* 209:42-50.
- ZAKARIYYA, F.; SETIYAWAN, B.; SUSILO, A. W. 2017. Stomatal, proline, and leaf water status characters of some cocoa clones (*Theobroma cacao* L.) on prolonged dry season. *Pelita Parkebuna* 33:109-117.
- ZHU, J. K. 2002. Salt and drought stress signal RWC transduction in plants. *Annual Review of Plant Biology* 53:247-273.



CHEMICAL AND PHYSICAL ATTRIBUTES OF THE SOIL CULTIVATED WITH CACAO INTERCROPPED WITH COVER CROPS

Volcy Ruben Dorléans¹, George Andrade Sodré², João Carlos Medeiros³, Carlos Eduardo Pereira³, Rafael Henrique de Freitas Noronha³, Elias Gomes de Oliveira Filho¹, Jaqueline Dalla Rosa³

¹State University of Santa Cruz, Postgraduate Program in Plant Production - PPGPV, km 16, Highway BR 415, 45662-900, Ilhéus, BA, Brazil; rubendorleans14@hotmail.com; eliasoliveira.agro@gmail.com. ²State University of Santa Cruz, km 16, Highway BR 415, 45662-900, Ilhéus, BA, Brazil; gasodre@hotmail.com. ³Federal University of Southern Bahia, Training Center in Agroforestry Sciences, Itabuna, Bahia, Brazil; joão.medeiros@ufsb.edu.br; carlos.pereira@ufsb.edu.br; rafael.noronha@ufsb.edu.br; jaqueline.rosa@ufsb.edu.br

The use of cover crops is recommended to produce straw to protect the soil, improve fertility through nutrient cycling, soil structuring and sustainability of the productive system. In this sense, the work was developed aiming to evaluate the chemical and physical attributes of a Nitosols cultivated with cacao full-sun cacao system intercropping with cover crops. The experiment was performed in a complete randomized block design, with plots subdivided in a 2x4 factorial scheme, with five replicates. The treatments consisted of two sampling sites (rows and interrows) and cover crops: pigeon pea (*Cajanus cajan* L.), millet (*Pennisetum glaucum* L.), consortium of pigeon pea and millet and control with invasive plant growth. Samples were collected in the rows and interrows of the cacao tree for chemical and physical analysis of the soil. The cultivation of millet and invasive plants provided higher levels of calcium, sum of bases and CEC in the rows than in the interrows. The levels of K, Ca, Zn, Mn, CEC and OM were higher in the rows than interrows of cacao trees. The intercropping of cover crops in full-sun cacao system did not change the physical attributes of the soil in the initial implantation phase.

Key words: Nutrient cycling, Full-sun cacao system, Soil structure.

Atributos químicos e físicos do solo cultivado com cacau consorciado com plantas de cobertura. O uso de plantas de cobertura é recomendado para formação de palhada para proteção do solo, aumento da fertilidade do solo através da ciclagem de nutrientes, estruturação do solo e sustentabilidade do sistema produtivo. O trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar os atributos químicos e físicos de um Nitossolo cultivado com cacau em sistema de cacau a pleno sol consorciado com plantas de cobertura. O experimento foi realizado em delineamento de blocos ao acaso, com parcelas subdivididas em esquema fatorial 2x4, com cinco repetições. Os tratamentos consistiram de duas posições de amostragem e (linha e entrelinha) e plantas de cobertura: guandu (*Cajanus cajan* L.), milheto (*Pennisetum glaucum* L.), consórcio de milheto e guandu e plantas espontâneas. A amostragem de solo foi realizada nas linhas e entrelinhas dos cacauzeiros para determinação das análises físicas e químicas. O cultivo de milheto e plantas espontâneas aumentou os teores de cálcio, soma de bases e CTC do solo na posição da linha comparado à entrelinha. A construção da linha para cultivo de cacauzeiro favoreceu os atributos químicos do solo expressos pelos teores de K, Ca, Zn, Mn, CTC e MO. O consórcio de plantas de cobertura com cacauzeiro à pleno sol não altera os atributos físicos do solo na fase inicial de implantação.

Palavras-chave: Ciclagem de nutrientes, cacau a pleno sol, estrutura do solo.

Introduction

Cacao farming requires good quality and high fertility soil for proper development of the root system, plants, and production maintenance (Sodré, 2017). With the addition of new technologies, full-sun cacao system has been standing out in recent years. This system consists of the cultivation of cacao in a dense form with shading only in the initial stage of implantation, until the cacao tree is established (Piasentin and Saito, 2014). In the initial phase of the system implantation, cover crops can be used interrows to keep the soil covered, favor nutrient cycling, and increase soil quality.

Cover plants favor the maintenance and recovery of the productive capacity of the soils and increase fertility by nutrient cycling. They can also influence the availability of phosphorus through the combined action of mycorrhizae and root exudates (Berude et al., 2015); adding N to the system by biological fixation (Perin et al., 2004); cycling and nutrient availability (Pereira et al., 2017; Sousa et al., 2017; Pires et al., 2020), increasing productivity over the years (Rosa et al., 2015). The choice of cover crop species to obtain such benefits depends, among other characteristics, on the potential of phytomass production and the ability to absorb and accumulate nutrients (Pacheco et al., 2011; Wolschick et al., 2016).

The use of cover crops can also improve soil physics. The improvement in the physical attributes of the soil promoted using cover plants favors the development and productivity of the main crops. However, the physical attributes will be influenced by the continuous use of cover crops in the long term. After two cycles of cover crops in rice and soybean rotation system in Brazilian Cerrado, there was improve soil physical properties in relation to fallow, especially in the 0-0.10 m soil layer (Nascente and Stone, 2018).

The cultivation of perennial species associated with cover crops, especially fruit, is already a common practice which improves soil quality and needs adequate management to avoid competition with the crop of economic interest. However, in an intercropping with cacao, this practice is insipient and needs evaluations, especially in the southern region of Bahia, which depends heavily on the cultivation of cacao and where the cultivation of full-sun dense cacao has been increasing lately.

The use of legumes in the cultivation of full-sun cacao is a practice to increase productivity, and also a strategy to decrease wind speed and favor the increase of soil moisture (Vanhove et al., 2016). In a study carried out in Peru, the use of cover crops intercropped with under cacao agroforestry showed an improvement in soil quality, assessed by microbial attributes, promoting the sustainability of cacao cultivation systems (Buyer et al., 2017) and increased of P cycling in the surface layer of the soil (Hall et al., 2010). On the other hand, Tondoh et al. (2015), evaluated over a chronosequence (5, 10 and 20 years) the conversion of traditional cultivation systems into full-sun cacao systems and observed a reduction in soil quality, especially for total organic carbon, nitrogen and capacity of cation exchange over the years.

In general, cover crops improve soil quality. However, there is little information about their use in cacao production systems. Thus, this work was carried out with the aim to evaluate the chemical and physical properties of the soil after the use of cover crops in a system of production of full-sun cacao.

Materials and Methods

The experiment was carried out in an area of 1,200 m² located at CEPEC (Cacao Research Center), research unit of CEPLAC (Department of the Executive Committee of the Cacao Crops Plan), in Ilhéus, BA, Brazil. Inserted in the central corridor of the Atlantic Forest, formed by the dense ombrophilous forest, belonging to the neotropical zone (Veloso, Rangel Filho and Lima, 1991). According to the Köppen classification, the climate in the region is Af - hot and humid tropical forest without dry season, with an average rainfall of 1,300 mm, distributed throughout the year, average temperature of 23°C and air relative humidity of 80%. The soil of the experimental area was classified as Nitisol (IUSS, 2015).

During the study period, temperature and precipitation data were collected at the CEPEC meteorological station, located near the experimental area (Figura 1).

Before sowing the cover plants, disturbed soil samples were collected in the rows and interrows of the cacao plants, in the 0-20 cm layer, in which the soil fertility analysis (macro and micronutrients) was performed (Table 1) according to the methodology described in EMBRAPA (2009).

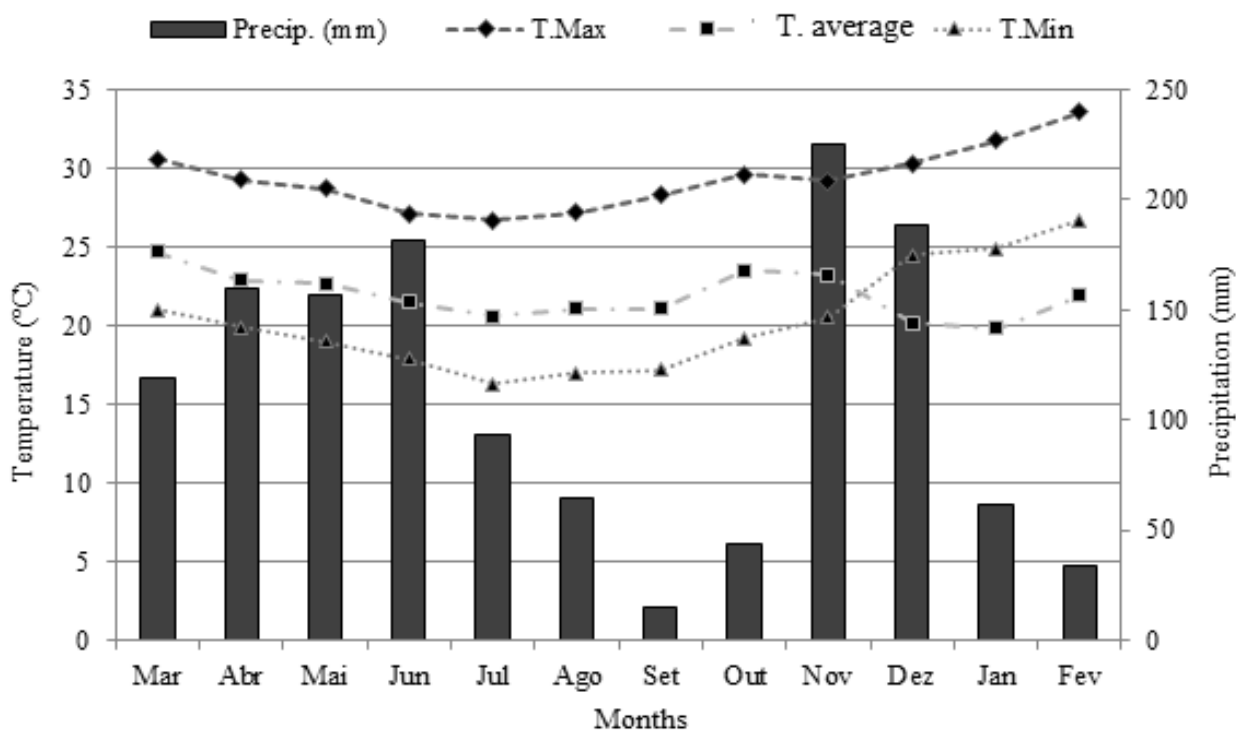


Figure 1. Temperature and rainfall precipitation registered in the experimental area during the study period. Precip.: precipitação; T.max: maximum temperature; T.média: average temperature; T.min: minimum temperature.

Table 1. Soil chemical attributes on the rows (R) and inter-rows (IR) before cover crops sowing

pH	Al	H+Al	Ca	Mg	K	SB	CEC	BS	m	P	Fe	Zn	Cu	Mn	MO	Sand	Silt	Clay	
				cmol _c dm ⁻³				%			mg dm ⁻³		mg dm ⁻³			g kg ⁻¹			
R	5,5	0,3	5,4	5,8	4,8	0,14	10,7	16	66,1	2,8	8,2	330,2	1,9	0,5	47,2	25,4	456	380	164
IR	5,5	0,7	5	5	4,5	0,08	9,6	14,6	64,7	7,9	11,7	348,6	1,6	0,7	32,7	17,2	475	350	175

pH: hydrogen potential; Al: aluminum; H+Al: Potential acidity; Ca: calcium; Mg: magnesium; K: potassium; SB: sum by base; CEC: cation exchange capacity; BS: base saturation; m: saturation by aluminum; P: phosphorus; Fe: iron; Zn: zinc; Cu: copper; Mn: manganese; MO: organic matter.

The study was performed in a complete randomized block design, in a split plot with five replicates. The treatments constituted a 2x4 factorial scheme, with two sampling sites (plot): rows and interrows and four combinations of cover plants (subplot): pigeon pea (*Cajanus cajan* L.), millet (*Pennisetum glaucum* L.), consortium of pigeon pea and millet and control with invasive plants growth. The experimental plots measured 15m².

The initial preparation of the area consisted of plowing and harrowing, mobilizing the soil up to 0,20m in depth. The cacao planting rows were built manually in the shape of a trapezoid or ridges with a base width of 1.0m and a height of 0.60m. The cacao trees,

originated from the genetic material CCN-51, CEPEC-2002 and BN-34, were transplanted in the area six months before, with 1.5m x 2.0m spacing. At the time of the cacao planting, fertilization was carried out with 50 grams of simple super phosphate (20% P₂O₅) and one liter of earthworm humus.

The sowing of cover crops was carried out at the beginning of May 2018, with the incorporation of seeds using a hand tool. The quantities of seeds used were: pigeon pea: 45 kg ha⁻¹; millet: 35 kg ha⁻¹; pigeon pea + millet consortium: 9.0 + 5.0 kg ha⁻¹; control with invasive plant growth.

At 45 days after sowing, the percentage of soil cover considering a sampling area of 0.45m² was

estimated. Four replicates were performed per treatment and a percentage scale of grades from 0 to 100% was established, where zero corresponds to the absence of vegetation cover over the soil and 100 to the complete coverage of the soil, following the methodology of Gazziero, Velini and Osipe (1995).

Soil sampling for fertility purposes was carried out in the 0-0,20m layer, 30 days after cutting the cover crops. The following determinations were carried out on soil samples: pH in water, macronutrients (Ca^{2+} , Mg^{2+} , P e K^+), fertility parameters (Al^{3+} , H+Al , SB, V, CEC, m) and organic matter (OM) following Embrapa's (2009) methodology.

Disturbed and undisturbed soil samples were also collected in the 0-0,10m, layer to analyze the physical attributes of the soil. In disturbed samples, granulometric analysis was performed according to the methodology of Gee and Bauder (1986). Undisturbed samples were collected using volumetric cylinders of approximately 100 cm³. In these samples, bulk density (Bd) and total porosity (Tp) were determined. Bd was calculated by the ratio of the dry soil mass and the volume of the cylinder (Blake and Hartge, 1986). Tp was calculated by the ratio of bulk density to particle density. Based on petrotransfer functions (PTF), the saturated hydraulic conductivity of the soil (Ksat), the field capacity (FC) and the permanent wilting point (PWP) were estimated. The following criteria were used to choose the PTF: i) availability of predictive attributes in the database, and ii) similarity between the climate of the regions where the PTF was developed and the climate of the study site. Thus, Ksat, (equation 1), was determined according to the function proposed by Jabro (1992). FC (equation 2) and PWP (equation 3) were determined according to Van Den Berg et al. (1997). The available water (AW) was determined by the difference between the water content in the FC and in the PWP according to equation 4.

$$\text{Ksat} = \exp. (11,56 - 0,81 \cdot \text{LOG} (S) - 1,09 \cdot \text{LOG} (A) - 4,64 \cdot (\text{Bd})) \quad (1)$$

$$\text{FC} = (0,5 \cdot A + 5,1) / 100 \quad (2)$$

$$\text{PWP} = (-0,5 + 0,34 \cdot A) / 100 \quad (3)$$

$$\text{AW} = (\text{FC} - \text{PWP}) \cdot \text{Bd} \cdot 30 \cdot 10 \quad (4)$$

Where: A: clay; S: silt; FC: field capacity; PWP: permanent wilting point and Bd: bulk density.

The data of chemical and physical attributes were submitted to analysis of variance by the F test and the treatment means compared by the Scott-Knott's test at 5% probability.

Results and Discussion

Percentage of soil coverage

The percentage of soil coverage (PSC) was higher in the cultivation rows than interrows, except for invasive plants (Figure 2). Possibly due to the better chemical and physical condition of the soil in this location of the plots, resulting from the transfer of the topsoil from interrows to the rows of the cacao plants at the time of the construction of the ridges. On the other hand, among the types of cover, there was a higher PSC in the consortium of pigeon pea + millet, both in the rows and interrows. The lowest PSC (22,3%) was observed in the treatment with pigeon pea (Figure 2). In agricultural rotation system the mix millet + pigeon pea + *brachiaria* produced the highest biomass (Nascente and Stone, 2018).

In general, the use of cover crops with vigorous growth, such as millet, allows greater and faster soil coverage. Higher percentage of soil coverage and higher dry mass yield was observed in a intercropping between Poaceae and Fabaceae (Neto et al., 2012; Marangoni et al., 2017).

Soil chemical attributes after cover crops cultivation

For soil chemical attributes there was interaction of cover crops and sampling site for the attributes: H+Al, Ca, SB, CEC and OM. There was also effect of the sampling site for Al, Ca, K, SB, CEC, m, Zn, Cu, Mn and OM. And there was no effect of cover crops (Table 2).

Interaction between cover crops and sampling site (row and interrow)

The potential acidity was lower interrows of millet cultivation compared to the row (Table 3). Contrary to this result, Rabelo et al. (2019), demonstrated that the potential acidity is not influenced by millet cultivation at a depth of 0-20 cm.

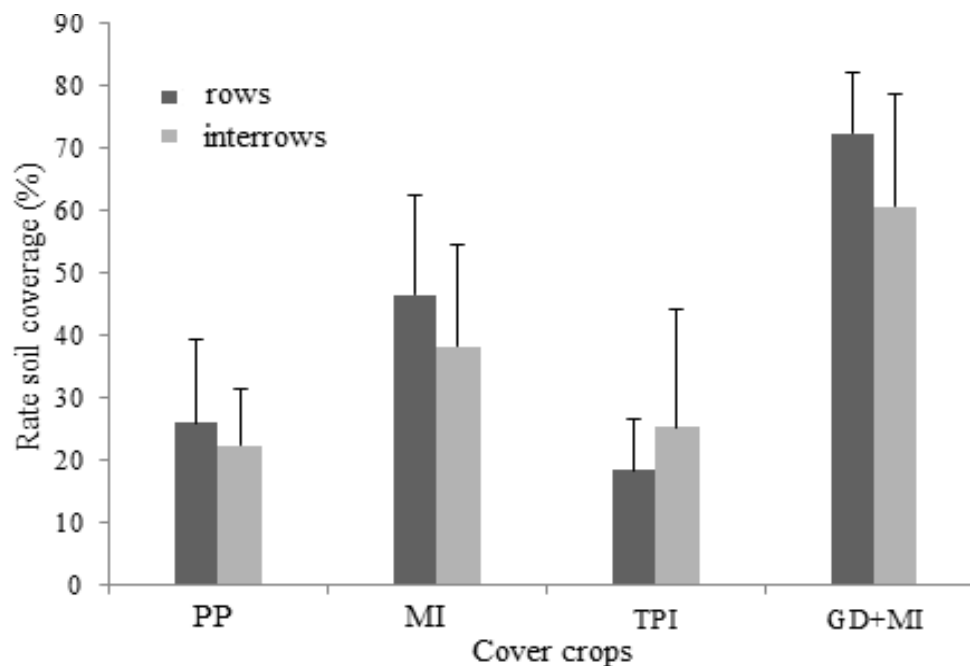


Figure 2. Percentage of coverage at 45 days after sowing for treatments: pigeon pea (PP), millet (MI), invasive plants (IP) and consortium of pigeon pea + millet (PP + MI) in two positions (rows and interrows). Line above the bars indicates standard deviation.

Table 2. Analysis of variance of soil chemical attributes after intercropping of cover crops in the row and interrows of the cacao plants

VF	DF	Medium Squares								
		pH	Al	H+Al	Ca	Mg	Ca/Mg	K	SB	CEC
Blocks	4	0,039 ^{ns}	0,755 ^{**}	3,507 ^{ns}	10,497 ^{**}	0,803 ^{ns}	0,512 ^{**}	0,0034 ^{ns}	13,475 ^{**}	25,188 ^{**}
Cover crops (C)	3	0,009 ^{ns}	0,084 ^{ns}	0,266 ^{ns}	2,298 ^{ns}	0,887 ^{ns}	0,021 ^{ns}	0,0004 ^{ns}	6,467 ^{ns}	4,600 ^{ns}
Error 1	12	0,040	0,071	1,291	1,252	0,321	0,054	0,0011	2,258	3,788
Sampling site (S)	1	0,100 ^{ns}	2,970 ^{**}	1,892 ^{ns}	19,881 ^{**}	1,936 ^{ns}	0,289 ^{ns}	0,0042 [*]	36,100 ^{**}	57,600 ^{**}
C x S	3	0,002 ^{ns}	0,029 ^{ns}	2,180 [*]	2,780 [*]	0,537 ^{ns}	0,058 ^{ns}	0,0005 ^{ns}	6,167 [*]	13,667 [*]
Error 2	16	0,025	0,131	0,599	0,848	0,552	0,071	0,0008	1,713	2,588
CV1 (%)	-	3,6	50,6	21,1	20,6	13,7	17,7	32,3	15,4	12,9
CV2 (%)	-	2,9	68,6	14,4	17,0	18,0	20,3	27,0	13,4	10,7

VF	DF	Medium Squares								
		BS	m	P	Fe	Zn	Cu	Mn	OM	CS
Blocks	4	72,088 ^{ns}	102,088 ^{**}	178,663 ^{**}	20665,7 ^{**}	8,308 ^{**}	0,958 [*]	3668,4 ^{**}	204,479 ^{**}	10213,7 [*]
Cover crops (C)	3	72,467 ^{ns}	17,367 ^{ns}	58,833 ^{ns}	1903,5 ^{ns}	0,874 ^{ns}	0,403 ^{ns}	355,4 ^{ns}	2,670 ^{ns}	1506,6 ^{ns}
Error 1	12	46,488	10,804	32,563	2255,8	0,483	0,218	594,4	8,226	2303,1
Sampling site (S)	1	102,400 ^{ns}	448,900 ^{**}	28,900 ^{ns}	180,6 ^{ns}	7,656 ^{**}	1,024 [*]	10080,6 ^{**}	850,084 ^{**}	5382,4 ^{ns}
C x S	3	3,400 ^{ns}	11,367 ^{ns}	56,567 ^{ns}	251,7 ^{ns}	0,493 ^{ns}	0,377 ^{ns}	37,1 ^{ns}	31,215 [*]	3610,1 ^{ns}
Error 2	16	27,213	20,875	71,713	1912,7	0,404	0,132	953,1	6,846	2524,0
CV1 (%)	-	10,6	53,4	67,5	15,2	24,7	25,6	24,6	14,8	22,6
CV2 (%)	-	8,1	74,2	100,2	14,0	22,5	19,9	31,2	13,5	23,7

VF: Variation factor; DF: degree of freedom; pH: Potential hydrogen; Al: aluminum; H+Al: potential acidity; Ca: calcium; Mg: magnesium; Ca/Mg: calcium/magnesium ratio; K: potassium; SB: sum of bases; CEC: cation exchange capacity; BS: base saturation; m: aluminum saturation; P: phosphorus; Fe: iron; Zn: zinc; Cu: copper; Mn: manganese; OM: organic matter; CS: coarse sand. CV: coefficient of variation; **, *Significant at the 1 and 5% probability level by the F test, respectively; ns: Não significativo.

Table 3. Interactions of cover crops and sampling site (rows (R) and interrows(IR)) in a full-sun cacao system

Treatments	H+Al		Ca ⁺²		CEC		SB		OM mg dm ⁻³	
	R	IR	R	IR	R	IR	R	IR	R	IR
Invasive plants	6,0 ns A	5,2 A	5,6 aA	3,9 bB	16,0 aA	12,4 bB	10,0 aA	7,2 bB	24,40 aA	13,44 bB
Pigeon pea	5,3 A	5,2 A	6,0 aA	5,2 aA	16,0 aA	14,8 aA	10,8 aA	9,8 aA	21,68 aA	17,76 aB
Pigeon pea+Millet	4,9 A	5,6 A	6,0 aA	5,7 aA	15,6 aA	15,8 aA	10,4 aA	10,2 aA	24,32 aA	13,28 bB
Millet	6,0 A	4,5 B	6,6 aA	3,9 bB	17,2 aA	12,2 bB	11,4 aA	7,8 bB	25,26 aA	14,30 bB

Means followed by the same lowercase letter in the columns and uppercase in the rows do not differ from each other by Scott-Knott test ($p < 0,05$). ns: not significant. H+Al: potential acidity; Ca: calcium; CEC: cation exchange capacity; SB: sum of bases; OM: organic matter.

The levels of Ca⁺², SB and CEC in the treatments with millet and invasive plants, were higher in the rows compared to the interrows, with differences between these positions of cacao cultivation. The attributes SB and CEC, for these treatments, presented similar values to observed in the initial soil analysis (Table 1). As for the element Ca⁺², after the cultivation of millet, the values increased in the row in relation to the initial soil analysis. Cover crops have high levels of Ca⁺² in plant tissues and favor the cycling of this nutrient in the soil, which will be a source for successor plants grown in the same area (Souza Júnior et al., 1999). However, in a study evaluating the release of nutrients from millet straw of the same cultivar used in this study, a slow release of Ca⁺² (32.5%) was observed up to 120 days after covering management (Teixeira et al., 2011).

The highest levels of OM were observed in the cacao rows in all treatments. Studies demonstrate the positive effect of cover crops on the increase of OM content and, consequently, of soil quality (Carpim et al., 2008; Correia and Durigan, 2008; Cunha et al., 2011; Cardoso et al., 2014). Using cover crops in succession to annual crops in Cerrado Piauiense, Sousa et al. (2017), found an increase in soil OM levels, already in the first year of evaluation. However, another study reported that the management system in rotation with cover crops did not change the OM content (Costa, Silva and Ribeiro, 2013). But, it had the potential to increase the levels of Ca, Mg and CEC of the soil. Similarly to the study by Costa, Silva and Ribeiro (2013), we did not observe in this study contributions in the content of OM in relation to the initial analysis of soil, which can be attributed to the short period elapsed from the implementation of the system until the date of the evaluations.

However, with the continuous cultivation of cover crops, several benefits can be verified to the soil, especially related to the cycling of nutrients and increasing of the soil quality. The long-term use of cover crops intercropping with cocoa agroforestry showed an improvement in soil microbial quality (Buyer et al., 2017), which provides several benefits to the production system, including increased nutrient cycling, such as, for example, P cycling, verified by Hall et al. (2010).

Sampling site effect

The Al⁺³ content and the saturation of the soil with aluminum (m%) were higher in the interrows, a result that can be justified by the removal of the topsoil at the time of implantation of the cacao cultivation rows, so, interrows that correspond to the deepest layer of the soil showed higher levels of Al⁺³ in relation to the rows (Table 4). Higher levels of Al⁺³ in depth were also verified in this same soil by Silva et al. (1970), values greater than 0.80 cmolc dm⁻³ from 50 cm deep. Nicolodi et al. (2008), showed the effect of organic matter and its ability to complex Al⁺³ reducing the activity of this ion in the soil and effect in reducing toxicity in plants. However, our results suggest that the cover crops did not change the Al⁺³ content of the soil during the growing period.

Table 4. Soil chemical attributes in rows and interrows of a full-sun cacao system intercropped with cover crops

Sampling site	Al -- cmol _c dm ⁻³ --	K %	m %	Zn ----- mg dm ⁻³ -----	Cu ----- mg dm ⁻³ -----	Mn ----- mg dm ⁻³ -----
Row	0,3 b	0,11 a	2,8 b	3,3 a	2,0 a	114,8 a
Interrow	0,8 a	0,09 b	9,5 a	2,4 b	1,7 b	83,0 b

Means followed by the same lowercase letter do not differ from each other using the Scott-Knott test ($p < 0.05$). Al: aluminum; K: potassium; m: saturation by aluminum; Zn: zinc; Cu: copper; Mn: manganese.

The K^+ contents in the soil were higher in the rows compared to interrows, however, the K^+ concentrations found in this soil are below the requirements for cacao cultivation (Chepote et al., 2013). Assessing the decomposition and release of nutrients from cover crops it was found that the release of K^+ occurs quickly, 30 days after the mowing of the cover 95% of K^+ had already been released (Teixeira et al., 2011). The available levels of micronutrients (Zn, Cu, Mn), were higher in the rows than interrows. Considering that grasses and legumes provide nutritious elements to the soil, the result of this study showed that the conditions of the planting rows apparently influenced the increase in the availability of micronutrients more than the presence of cover crops. Regarding the availability of Zn, Cunha et al. (2011) observed an increase in the Zn content available in the soil cultivated with pigeon pea in the 10-20 cm layer and also, that cover crops did not modify the zinc content in the soil surface.

Pegoraro et al. (2006) found increased levels of Zn, Cu, Fe and Mn due to the cultivation of pigeon pea and attributed this result to the action of soil biota. These authors also demonstrated the greatest increase in other cationic micronutrients in soil cultivated with pigeon pea.

Soil physical attributes after cover crops cultivation

There was no significant effect on the physical attributes of the soil. The bulk density (Bd) varied from 1.10 to 1.30 $g\ cm^{-3}$ among treatments (Table 5). These values do not limit the development of cultivated plants, which is 1.6 $g\ cm^{-3}$ according to Beutler et al. (2004). As described by Andrade and Stone (2009),

Table 5. Soil physical attributes in rows and interrows of a full-sun cacao system intercropped with cover crops

Treatments	Local	Bd $g\ cm^{-3}$	Tp $cm^3\ cm^{-3}$	Ksat $mm\ h^{-1}$	AW $cm^3\ cm^{-3}$
Pigeon pea	Row	1,2	0,48	34	0,081
	Interrow	1,3	0,45	19	0,085
Millet	Row	1,1	0,51	38	0,083
	Interrow	1,3	0,45	21	0,083
Pigeon pea+Millet	Row	1,2	0,50	36	0,083
	Interrow	1,3	0,46	29	0,082
Invasive plants	Row	1,2	0,49	35	0,082
	Interrow	1,3	0,44	16	0,086

Bd: bulk density; Tp: Total porosity; Ksat: saturated hydraulic conductivity; AW: available water.

for the textural class of the soil this study (medium sandy), Bd is within the limits appropriate to the root development of plants, allowing good access to water and nutrients. It is worth noting the lower Bd in the row, which may be related to the higher OM content of the soil, in this sampling site, which implies greater biological activity in the soil, providing better structuring and a larger amount of pores. Studying a Acrisols with high Bd, Reinert et al. (2008), observed that the growth of cover crops was not affected by Bd. These is a property that indirectly affects the development of plants, in addition, Bd is altered by soil granulometry, organic carbon levels and, mainly, soil management (Letey, 1985).

The Tp values ranged from 0.44 to 0.51 cm^{-3} , and were higher in the rows than interrows, a result also related to the higher levels of OM in the row. For this textural soil class (medium sandy), these Tp values are within acceptable limits for good plant development (Andrade and Stone, 2009).

The little influence of cover crops on soil Tp occurs due to the good structure of the studied soil (Nitisol) and the absence of compaction in the application of cultural treatments, because during the experimental period, there was no machine traffic and / or animals. In this way, the natural structure of the soil was partially preserved, reflecting the good Tp. In general, the presence of poaceae improves the porosity, structure and aggregation of the soil through the supply of organic matter (Garcia and Rosolem, 2010; Giubergia, Martellotto and Lavado, 2013; Sales et al., 2016). However, in this study, the Tp was not altered by the cover plants and sampling sites.

Ksat values ranged from 16 to 38 $mm\ h^{-1}$. In general, higher Ksat was observed in the row of cacao plants, which may be related to the removal of the top layer of soil interrows that caused the pore discontinuity with reduced Ksat. The reduction in pore continuity also reduces gas exchange, infiltration and water storage in the soil profile, compromising the soil-water-plant relationship (Pagliai et al., 1995). While in the row due to lower Bd and higher Tp, Ksat favored. Soil density and porosity influence Ksat (Ribeiro et al., 2007) as they compromise the pore arrangement.

The AW ranged from 0.081 to 0.086 $cm^3\ cm^{-3}$ for the different treatments and sampling position, without significant differences. Higher AW values were

expected in the rows of cacao plants due to the higher content of organic matter in this location. However, AW can be influenced by Bd, OM content and also by the clay content. In this case, the lower AW content may be related to the soil texture, because for the evaluated layer the soil has a medium sandy texture. Therefore, the lower amount of clay in the soil can reduce the influence of OM on water retention without altering AW (Beutler et al., 2004).

It can be said that the chemical and physical attributes evaluated after the use of cover crops intercropped with cacao trees are within the limits established and adequate for the development of the plants. However, to observe positive effects on these attributes, requires a longer usage time, in which there would be a contribution both in the cycling of nutrients and in the structuring of the soil.

Conclusions

The cultivation of millet and invasive plants provided higher levels of calcium, sum of bases and CEC in the row than interrows of cacao trees.

The construction of the row for cultivating cacao favored the chemical attributes of the soil expressed by the contents of K, Ca, Zn, Mn, CEC and OM.

The intercropping of cover crops in full-sun cacao system did not change the physical attributes of the soil in the initial implantation phase.

Literature Cited

- ANDRADE, R. S.; STONE, L. F. 2009. Índice S como indicador da qualidade física de solos do cerrado. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 13(4):382-388.
- BERUDE, M. C. et al. 2015. Micorrizas e sua importância agroecológica. *Enciclopédia Biosfera* 11(22):132-142.
- BEUTLER, A. N. et al. 2004. Compactação do solo e intervalo hídrico ótimo na produtividade de arroz de sequeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 39(6):575-580.
- BLAKE, G. R.; HARTGE, K. H. 1986. *Methods of soil analysis physical and mineralogical methods*. Soil Science Society of America, 2nd Edition, Madison. pp.363-375.
- BUYER J. S. et al. 2017. Soil microbial communities under cacao agroforestry and cover crop systems in Peru. *Applied Soil Ecology* 120:273-280.
- CARDOSO, R. D. et al. 2014. Influência da adubação verde nas propriedades físicas e biológicas do solo e na produtividade da cultura de soja. *Semina: Ciências Biológicas e da Saúde* 35(2):51-60.
- CARPIM, L. K. et al. 2008. Liberação de nutrientes pela palhada de milho em diferentes estádios fenológicos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 32(spe):2813-2819.
- CHEPOTE, R. E. et al. 2013. Recomendações de corretivos e fertilizantes na cultura do cacauzeiro no sul da Bahia. *Boletim Técnico n°203*. Ceplac, Ilhéus, BA. p?
- CORREIA, N. M.; DURIGAN, J. C. 2008. Culturas de cobertura e sua influência na fertilidade do solo sob sistema de plantio direto (SPD). *Bioscience Journal* 24(4):20-31.
- COSTA, E. M.; SILVA, H. F.; RIBEIRO, P. R. A. 2013. Matéria orgânica do solo e o seu papel na manutenção e produtividade dos sistemas agrícolas. *Enciclopédia Biosfera* 9(17):1842-1860.
- CUNHA, E. Q. et al. 2011. Atributos químicos de solo sob produção orgânica influenciados pelo reparo e por plantas de cobertura. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 15(10):1021-1029.
- EMBRAPA. 2009. *Manual de análises químicas de solos plantas e fertilizantes*. Brasília, DF, Embrapa Informação Tecnológica.
- GARCIA, R. A.; ROSOLEM, C. A. 2010. Agregados em um Latossolo sob sistema plantio direto e rotação de culturas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 45(12):1489-1498.
- GEE, G. W.; BAUDER, J. W. 1986. Particle-size analysis in *Methods of soil analysis, Part 1. Physical and mineralogical methods*. American Society of Agronomy.
- GAZZIERO, D. L. P.; VELINI, E. D.; OSIPE, R. 1995. *Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas*.

- Londrina: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas. 42p.
- GIUBERGIA, J. P.; MARTELLOTTO, E.; LAVADO, R. S. 2013. Complementary irrigation and direct drilling have little effect on soil organic carbon content in semiarid Argentina. *Soil Tillage Research* 134:147-152.
- HALL, H. et al. 2010. Cover crops alter phosphorus soil fractions and organic matter accumulation in a Peruvian cacao agroforestry system. *Agroforestry Systems* 80(3):447-455.
- IUSS Working Group WRB. 2015. World Reference Base for Soil Resources (WRB). Available in: <<http://www.fao.org/3/a-i3794e.pdf>>.
- JABRO, J. D. 1992. Estimation of saturated hydraulic conductivity of soils from particle size distribution and bulk density data. *Journal American Society Agricultural Engineers* 35(2):557-560.
- LETEY, J. 1985. Relationship between soil physical properties and crop production. *Advanced Soil Science* 1:277-294.
- MARANGONI, R. E. et al. 2017. Produção de fitomassa seca de guandú-anão e milheto e a decomposição das palhadas sob cultivo do feijoeiro. *Revista Agro@mbiente Online* 11(2):119-127.
- NETO, J. F. et al. 2012. Consórcio de guandú-anão com milheto: persistência e liberação de macronutrientes e silício da fitomassa. *Bragantia* 71(2):264-272.
- NASCENTE, A. S.; STONE, L. F. 2018. Cover Crops as Affecting Soil Chemical and Physical Properties and Development of Upland Rice and Soybean Cultivated in Rotation. *Rice Science* 25(6):340-349.
- NICOLODI, M. et al. 2008. Insuficiência do conceito mineralista para expressar a fertilidade do solo percebida pelas plantas cultivadas no sistema plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 32(spe):2735-2744.
- PACHECO, L. P. et al. 2011. Produção de fitomassa e acúmulo e liberação de nutrientes por plantas de cobertura na safrinha. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 46(1):17-25.
- PAGLIAI, M. et al. 1995. The structure of two alluvial soils in Italy after 10 years of conventional and minimum tillage. *Soil Tillage Research* 34(4):209-223.
- PEGORARO, R. F. et al. 2006. Fluxo difusivo de micronutrientes catiônicos afetado pelo tipo, dose e época de incorporação de adubos verdes ao solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 30:997-1006.
- PEREIRA, A. P. et al. 2017. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura de verão. *Revista de Ciências Agrárias* 40(4):799-807.
- PERIN, A. et al. 2004. Produção de fitomassa, acúmulo de nutrientes e fixação biológica de nitrogênio por adubos verdes em cultivo isolado e consorciado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 39(1):35-40.
- PIASENTIN F. B.; SAITO C. H. 2014. Os diferentes métodos de cultivo de cacau no Sudeste da Bahia, Brasil: aspectos históricos e percepções. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi* 9(1):61-78.
- PIRES, M. F. M. et al. 2020. Conservation system improves soil microbial quality and increases soybean yield in the Northeastern Cerrado. *Bragantia* 79:474-486.
- RABELO, A. J. C.; CAETANO, J. O.; CRUZ S. J. S. 2019. Alterações de atributos químicos e físicos de um Latossolo Vermelho na sucessão milheto-soja. *Cientifica* 47(2):221-230.
- REINERT, D. J. et al. 2008. Limites críticos de densidade do solo para o crescimento de raízes de plantas de cobertura em Argissolo Vermelho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 32(5):1805-1816.
- RIBEIRO, K. D. et al. 2007. Propriedades físicas do solo, influenciadas pela distribuição de poros, de seis classes de solos da região de Lavras-MG. *Ciência e Agrotecnologia* 31(4):1167-1175.
- ROSA, M. G. et al. 2015. Macrofauna edáfica e atributos físicos e químicos em sistemas de uso do solo no Planalto Catarinense. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 39(6):1544-1553.
- SALES, R. P. et al. 2016. Qualidade física de um Latossolo sob plantio direto e preparo convencional

- no semiárido. *Revista de Ciência Agronômica* 47(3):429-438.
- SILVA, L. F.; MELO, O. 1970. Levantamento detalhado dos solos do Centro de Pesquisas do Cacau. Ceplac/Cepec, Ilhéus, BA. *Boletim Técnico* n.1. 89p.
- SODRÉ G. A. 2017. Cultivo do cacauzeiro no estado da Bahia. MAPA/Ceplac/Cepec, Ilhéus, BA. 126p.
- SOUSA, D. C. et al. 2017. Chemical attributes of agricultural soil after the cultivation of cover crops. *Australian Journal Crop Science* 11(11):1497-1503.
- SOUZA JÚNIOR, J. O. et al. 1999. Produtividade do cacauzeiro em função de características do solo. I: características químicas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 23(4):863-872.
- TEIXEIRA, M. B. et al. 2011. Decomposição e liberação de nutrientes da parte aérea de plantas de milho e sorgo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 35(3):867-876.
- TONDOH, J. E. et al. 2015. Ecological changes induced by full-sun cocoa farming in Côte d'Ivoire. *Global Ecology and Conservation* 3:575-595.
- VAN DEN BERG, M. et al. 1997. Pedotransfer functions for the estimation of moisture retention characteristics of Ferrallisols and related soils. *Geoderma* 78(3):161-180.
- VANHOVE, W.; VANHOUDT, N.; DAMME, P. V. 2016. Effect of shade tree planting and soil management on rehabilitation success of a 22-year-old degraded cocoa (*Theobroma cacao* L.) plantation. *Agriculture Ecosystems Environment* 219:14-25.
- VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO, A. L.; LIMA, J. C. A. 1991. Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal. Rio de Janeiro, RJ, IBGE. 123p.
- WOLSCHICK, N. H. et al. 2016. Cobertura do solo, produção de biomassa e acúmulo de nutrientes por plantas de cobertura. *Revista de Ciências Agroveterinárias* 15(2):134-143.



VENTILAÇÃO ARTIFICIAL PROMOVE POLINIZAÇÃO FÉRTIL EM FLOR DE CACAEIRO (*Theobroma cacao* L)

Kazuiyuki Nakayama

CEPLAC/CEPEC - km 22, Rodovia Ilhéus/Itabuna, 45600-970, Ilhéus, Bahia, Brasil. kazuocplac@gmail.com

Esta pesquisa mediu o impacto da anemofilia artificial, aqui designada de polinização ventilada, sobre a frutificação do cacau. O ventilador turbinado motorizado produziu a ventilação, a qual atingiu as flores com velocidade entre 60 a 100 km/h e ela foi aplicada durante 23 dias consecutivos. As variedades autocompatíveis experimentadas foram CP 2002, PS 1319, SJ 02, CP 2004 e CCN 51. A frutificação média das variedades polinizadas pela ventilação foi 4,7 vezes maior que a frutificação gerada pela polinização natural da mosca *Forcipomyia* spp. e outros insetos. Foi constatado que a polinização ventilada induz diferentes intensidades de frutificação nas variedades. Em ordem decrescente, as variedades que mais responderam à polinização ventilada foram CP 2002, PS 1319, SJ 02, CP 2004 e CCN 51, que produziram, respectivamente, 5,6; 4,5; 2,5; 1,7 e 1,2 frutos por dia de ventilação. A polinização ventilada intensificou a polinização e frutificação, num curto espaço de tempo, concentrou a frutificação e potencializou a redução no número e no custo da colheita de cacau.

Palavras-chave: anemofilia, afideo, vento, ventilação, *Theobroma cacao*, *Forcipomyia*.

Artificial ventilation promotes fertilized pollination in cacao flower (*Theobroma cacao* L). This research measured the impact of artificial anemophily, here called ventilated pollination, on the fruit set of cacao. The motorized turbine fan produced the ventilation, which reached the flowers with a speed between 60 to 100 km/h and it was applied during 23 consecutive days. The self-compatible varieties tested were CP 2002, PS 1319, SJ 02, CP 2004 and CCN 51. The average fructification of the varieties pollinated by ventilation was 4.7 times greater than the fructification generated by the natural pollination of the fly *Forcipomyia* spp. and other insects. It was found that ventilated pollination induces different fruiting intensities in the varieties. In descending order, the varieties that most responded to ventilated pollination were CP 2002, PS 1319, SJ 02, CP 2004 and CCN 51, which produced, respectively, 5.6; 4.5; 2.5; 1.7 and 1.2 fruits per day of ventilation. Ventilated pollination intensified pollination and fruiting, in a short period of time, concentrated fruiting and potentiated the reduction in the number and cost of the cocoa harvest.

Key words: anemophilia, aphid, wind, ventilation, *Theobroma cacao*, *Forcipomyia*.

Introdução

A polinização fértil é necessária para formar o fruto do cacau (Pound, 1932a; Pound, 1932b; Pound, 1935a; Pound, 1935b; Posnette, 1938; Posnette, 1940). A frequência de polinização fértil num cacau depende da incompatibilidade gamética dos genótipos que compõe o cacau (Pound, 1932b; Pound, 1935b; Pound, 1935c; Voelcker, 1936; Posnette, 1938; Posnette, 1940; Posnette, 1944; Cope, 1962a, 1962b). Também, a frequência de polinização fértil é modificada, natural e diretamente, pelas populações de insetos polinizadores (Billes, 1941; Posnette, 1944; Hernandez, 1965; Soria, 1970; Kaufmann, 1974; Soria e Wirth, 1974).

Nas várias regiões cacaucultoras do mundo, a intensidade de frutificação dos cacauais varia em função dos recursos agronômicos empregados nos sistemas de produção e das condições climatológicas das estações do ano (Alvim, 1956; Ampofo & Bonaparte, 1981; Vogel, Machado e Alvim, 1982; Young, 1983; Alvim, 1984; Adjaloo, 2012). Em algumas regiões, a interação agente polinizador-ambiente-cacau tem sido responsabilizada pelos baixos índices de frutificações em cacauais em algumas estações do ano (Hernandez, 1965; Soria, 1967; Soria, 1970; Kaufmann, 1974; Soria e Wirth, 1974; Soria e Abreu, 1976; Soria, Wirth e Bicelli, 1981; Soria, Wirth & Sanches, 1981; Young, 1983; Nakayama, 2010; Adjaloo, 2012). Assim, ao longo da história da cacaucultura mundial, muita pesquisa foi realizada para esclarecer o papel dos principais potenciais agentes polinizadores naturais do cacau, principalmente, os insetos, o vento e a água.

O papel do vento na polinização do cacau, a anemofilia, foi estudado desde o início do século XX. O primeiro estudo com o vento demonstrou que o efeito do vento, na polinização do cacau, era muito pequeno (Jones, 1912). Anos depois, muitos pesquisadores ainda persistiam em prognosticar que o vento fosse o principal agente polinizador do cacau (Wellensiek, 1932). Em contraposição, outros pesquisadores ponderavam que a estrutura floral do cacau não favorecia a polinização pelos meios comuns, tais como água, vento, etc., porque qualquer pólen liberado pelas anteras seria retido pela concha da pétala e que os estaminoides, também, protegeriam

e impediriam que o pólen atingisse o estigma (Harland, 1925; Cheesman, 1927). Contra a polinização anemófila no cacau argumentava-se também que a viscosidade do pólen impediria que ventos fracos causassem o seu deslocamento e que o pouco pólen deslocado seria retido pela concha da pétala da flor do cacau (Marshall, 1934).

A polinização entomófila foi demonstrada ser principal forma de polinização do cacau por Billes (1941). Mesmo assim, nos anos 1950, a anemofilia ainda era estudada por alguns pesquisadores. Assim, na Costa Rica, ao remover as pétalas de uma flor de cacau com um puxão, constatou-se que os grãos de pólen eram removidos da antera. Também, comprovou-se que quando flores eram sopradas suavemente, os grãos de pólen eram deslocados da antera e depositados em lâminas úmidas posicionadas em frente às flores. Contudo, estas pesquisas não relataram nenhuma polinização efetiva, mas sugeriam uma potencial ação polinizadora do vento no cacau (Dejean, 1949).

Em Java, experimentos foram conduzidos para investigar a presença de grãos de pólen de cacau no ar e medir o impacto da ação do vento sobre as flores. Para simular o vento natural, o ar foi aspirado através de câmaras contendo cacau auto compatíveis com flores, numa velocidade que fazia as flores vibrarem suavemente. Em meio de cultura, demonstrou-se que era pouca a carga de pólen carregada pelo ar e insuficiente para realizar polinização fértil. Também, confirmou-se que a agitação da flor promovida pelo vento moderado não resultava em polinização (Soetardi, 1950). De qualquer modo, as pesquisas acima citadas foram importantes por que geraram conhecimentos (Van Hall, 1914; Harland, 1925; Marshall, 1934; Pound, 1935a) que promoveram as pesquisas visando o desenvolvimento de tecnologias empregando a ventilação artificial ou sopro como promotor de polinização artificial no cacau.

De fato, se era verdade que agitar uma flor de cacau fazia com que o pólen caísse no interior da concha da pétala (Marshall, 1934; Pound, 1935a) então seria muito improvável que este pólen pudesse ser depositado no estigma da flor, até porque o estigma é protegido por conjunto de pilosos estaminoides. Esta hipótese foi testada por Billes (1941). Ele enclausurou cacau auto compatíveis com flores em câmaras livres de

insetos e submeteu as flores à ventilação e agitação. Um número muito grande de flores foi soprado e agitado, de forma suave e intensa. Somente com ventilação forte e intensa foi observado três eventos de pólen transferido da antera para o estigma, em quantidade suficiente para causar polinização fértil e frutífera. Um teste semelhante foi realizado na Colômbia (Gonzalez, 1954). Neste caso, uma corrente de ar foi aplicada sob pressão sobre uma flor aberta e coberta por um recipiente para favorecer a autopolinização. Neste caso, nenhuma polinização fértil foi observada (Gonzalez, 1954).

Na Costa Rica, foi observado que a simples remoção das pétalas de uma flor de cacau removia os grãos de pólen da antera. Nesta pesquisa, também se constatou que soprando suavemente as flores com as anteras expostas, os grãos de pólen eram deslocados e coletados numa lamina úmida (Dejean, 1949).

Resultados significativos de polinização ventilada foram relatados na Costa Rica. De 100 flores ventiladas e agitadas violentamente ocorreram três (3%) polinizações férteis e frutíferas. Quando as flores foram ventiladas de diferentes direções foram geradas quatro polinizações férteis (4%) em 100 flores ventiladas. Quando as flores foram ventiladas horizontalmente, no mesmo plano da flor, distanciadas de 30 cm, ocorreram quatro (4%) polinizações férteis. No microscópio, foi confirmada que o pólen é muito viscoso, explicando porque a ventilação contra as anteras mostrava-se incapaz de remover o pólen das anteras. Embora esta pesquisa não tivesse tido o cuidado de isolar o efeito da polinização entomófila natural, ela, contudo, confirmou que um forte impacto mecânico sobre a flor poderia causar autopolinização (Smith, 1952), tal como já havia sido constatado por Billes (1941).

O uso de pulverizador turbinado para aplicações de fungicidas e inseticidas é comum no controle das doenças e pragas do cacauero (Smee, 1963; Abreu et al., 1989; Gramacho et al., 1992). Num experimento com fungicida, foi medido que a formação de frutos das plantas testemunha (pulverização somente de água) tinha sido maior que a frutificação das plantas tratadas com fungicida mais água. Foi contabilizado que o incremento de frutificação foi proporcional ao incremento na frequência das aplicações. Os fungicidas foram aplicados com pulverizador turbinado acionado

por motor à combustão, de elevada capacidade volumétrica, na geração de ar comprimido. A ventilação, com velocidade de 66 km/h, agitou fortemente as flores. Este experimento comprovou que a agitação mecânica da flor causada pela ventania da pulverização atuava como um agente de polinização em cacau autocompatível (Knoke & Saunders, 1966).

Confirmado que a vigorosa agitação mecânica da flor promovia a polinização fértil em genótipo auto compatível, então, além da ventilação, outros recursos foram avaliados para chocalhar a flor do cacauero. Por exemplo, Soria e Cerdas (1966) relataram aumento altamente significativo do rendimento (110%) após a agitação das flores da variedade auto compatível UF296 com um pincel feito com fibras de *Sorghum vulgare* L. O número médio de amêndoas dos trinta frutos foi de 14 contra a média de 24 amêndoas dos 11 frutos das plantas controle (sem agitação mecânica). O número de frutos aumentou com o tratamento mecânico com o pincel de sorgo, mas o número de ovários fertilizados por fruto foi menor do que a testemunha polinizada pelas moscas.

No Brasil, um cacau de cacau comum que, em geral, apresenta elevada frequência de plantas autocompatíveis, foi ventilado por seis vezes com pulverizador portátil motorizado durante um período de duas semanas, intercalando um dia, sem ventilação. No período, a florescência foi de 400 flores abertas por planta/dia. A ventilação foi aplicada com o bocal da saída do vento à distância de 1,5 metros das flores e velocidade do vento média estimada em 56 km/h. Mensurou-se que a ventilação incrementou a frutificação em 300%, em relação à polinização entomófila natural (Soria, 1974).

Na Costa Rica, significativo desempenho da ventilação na polinização do cacauero foi reportado com autocompatível UF667. Os tratamentos avaliados foram: ventilação de alta velocidade (66 km/h) ou de baixa velocidade (menor que 10 km/hora), ambas, com e sem água. Foi empregado turbo pulverizador de alto desempenho que gerava ventilação que impactava a flor com velocidade acima de 66 km/h se aplicado a 1,6 m de distância. Em relação a polinização entomófila (natural), os incrementos de frutificação para ventilação alta, com água, foram de 572% e sem água foi de 421%. O incremento foi nulo com a ventilação de baixa

velocidade, com ou sem água (Soria, 1970; Knoke, Soria & Chapman, 1980).

A polinização ventilada consiste na aplicação, por uma fração de segundo, sobre a flor recém-aberta do cacauero, de vento de alta velocidade, 66 a 110 km/h, capaz de agitar violentamente a flor, provocando a colisão entre antera e estigma, promovendo a transferência do pólen da antera para o estigma e proporcionando a polinização fértil da flor (Nakayama, 2018). Na região cacauera baiana, visando validar a polinização ventilada para cacauais monovariais, autocompatíveis e motomecanizados, foi conduzido um experimento com a variedade CCN 51 em Eunápolis, Bahia. A ventilação foi gerada por um conjunto pulverizador turbinado, Jacto PJ 2000, tracionado por um trator Valmet cafeeiro. O conjunto trator-pulverizador, no regime de 2.200 rpm, gerava uma ventilação que atingia as flores posicionadas à distância de entre 0,5 a 3,5 m, com velocidade variando entre 60 até 100 km/hora. Em trânsito entre as filas de cacaueros, em função da altura das plantas e espaçamento, o pulverizador mantinha a distância, entre o bocal de saída da ventilação e os ramos da copa do cacauero, variando entre 0,5 até 3,5 metros. No experimento, foi confirmado que, em relação à polinização natural entomófila, a ventilação vespertina incrementou a frutificação em 4527%. O experimento também comprovou que a ventilação vespertina é mais eficiente que a ventilação matutina e que a aplicação de dupla ventilação diária (matutina e vespertina) é inadequada porque reduz a eficiência polinizadora da ventilação. Também, demonstrou-se que a efetividade polinizadora da ventilação artificial depende da velocidade do vento que atingi a flor e da densidade de flores abertas carregada pela planta no momento da ventilação (Nakayama, 2018).

Na região cacauera da Bahia, os cacauais eram formados, até meados da década de 1990 por populações de cacaueros híbridos originários de sementes resultantes de cruzamentos intervarietais de polinização aberta. Em função da incompatibilidade gamética (auto e inter) das variedades envolvidas nos cruzamentos, a frequência de plantas autocompatíveis nas populações desses cacauais seminais, poderia diminuir intensivamente, fazendo que a frequência de polinização fértil e a frutificação desses cacauais ficassem muito mais

dependentes da polinização cruzada realizada, exclusivamente, pelas moscas *Forcipomyia* sp.

Entre 1997 e 2002, na Bahia, havia poucas variedades auto compatíveis tolerantes à Vassoura de Bruxa. Por isso, nesse período foi recomendado formar cacauais, quase exclusivamente, com genótipos intercompatíveis e autoincompatíveis tolerantes à enfermidade VB, (Lopes et al., 2003). Por serem, quase exclusivamente, compostos por genótipos autoincompatíveis, as frutificações destes cacauais passaram a depender, quase totalmente, da polinização cruzada, realizada exclusivamente pelas populações das moscas *Forcipomyia* sp. (Hernandez, 1965; Soria, 1967; Soria, 1970; Kaufmann, 1974; Soria e Wirth, 1974). A partir de 2003, foram descobertas, selecionadas e recomendadas novas variedades de cacauero auto compatíveis. As principais foram CP 2002, CCN 51, CCN 10, PH 16, PS 1319 e SJ 02 (Lopes et al., 2003). Assim, desde os anos 2010, estas variedades auto compatíveis têm sido empregadas em larga escala em plantios monovariais. As variedades autocompatíveis viabilizam o emprego da polinização ventilada.

Nas últimas décadas, a indústria brasileira da base agropecuária evoluiu, desenvolveu e tem lançado inovações em máquinas, equipamentos, veículos, acessórios e insumos múltiplos funcionais e mais econômicos e eficazes. É o caso do soprador costal motorizado, recentemente lançado pela indústria nacional para execução de tarefas diversas em várias culturas (Stihl, 2019). Neste contexto, esta pesquisa foi executada para mensurar a resposta da frutificação do cacauero à polinização ventilada propulsionada por novos equipamentos.

Material e Métodos

O experimento foi instalado na Fazenda Álamo, Eunápolis, Bahia, em dezembro de 2013. O cacauai tinha 12 anos de idade e estava plantado em bloco de dupla fila monovarietal, com espaçamentos entre dupla fila, entre as filas da dupla fila e entre plantas nas filas de, respectivamente, 4,3 x 2,5 x 2,3 m. O cacauai era irrigado por micro aspersão e sombreado por coqueiro anão (*Cocos nucifera* L.) plantado no espaçamento de nove x seis metros.

Na polinização ventilada foi usado um soprador modelo Stihl 600BR, peso bruto de 10 kg, com motor a

combustão de 3 hp, capacidade de geração de ar comprimido de 1720 m³/h, velocidade do vento máxima, medida na saída do bocal do ventilador, de 90 m/s (324 km/h) (Stihl, 2019).

O modelo estatístico proposto para mensurar o impacto das variáveis explicativas, segue abaixo.

Variável resposta {Bilros} = [(Agentes polinizadores (ventilação e polinização natural-*Forcipomyia* e outros insetos)) * (variedades (5)) * (plantas/variedade) * (dias de ventilação, covariável)].

O experimento foi delineado com as parcelas de 10 plantas sorteadas ao acaso nos blocos de dupla filas das respectivas variedades. Em janeiro/2014, dois meses antes do início da ventilação (17/03/2014), foram removidos todos os frutos das 40 plantas por variedades, 10 plantas por parcela. Na véspera do início da ventilação foi realizada leitura do florescimento e selecionaram-se somente as plantas com florescimento varietal pleno, isto é, com mais de 350 flores abertas por dia para receberem a polinização ventilada. Assim, o número de plantas ventiladas variou por clone, entre 17 até 28 plantas. No dia do início da ventilação fez-se nova remoção de todos os bilros, frutos e flores abertas, conforme Nakayama (2018).

A polinização ventilada foi aplicada durante 23 dias consecutivos, no período entre as 13:00 até 16:00 horas (Nakayama, 2018). A distância entre o bocal de saída do vento e as flores nos ramos, em função da altura das plantas, variou de 0,5 até 3,0 m. Em função da altura das árvores, a ventilação atingiu as flores com velocidade variável entre 60 a 120 km/h. A maior velocidade para flores mais próximas do solo e menor velocidade para flores posicionadas no alto da copa. O tempo de ventilação variou entre 16 a 23 segundos/planta/dia, com rendimento operacional variando entre 1000 a 1400 plantas por dia/ventilador/homem. Em média, o soprador consumiu entre sete a nove litros de gasolina por dia de ventilação.

Em geral, os bilros são mais perceptíveis a partir do 12º dia depois da polinização ventilada, quando atingem, aproximadamente, entre 1,0 a 1,5 cm, dependendo da variedade. Nas avaliações, os bilros menores que 1,0 cm (os bilros pétalas e sépalas) não eram computados (Nakayama, 2018). As avaliações foram realizadas nos dias 31/03/14, 02/04/14, 24/04/2014 e 05/05/2014 correspondendo aos 13º, 25º, 49º e 60º dias após o início da aplicação da polinização

ventilada. Na avaliação do 49º dia foram contabilizados os bilros formados pela ventilação até o 23º dia, isto é, aqueles maiores que 1,5 cm de comprimento. Foram contados os frutos e bilros vingados e murchos, sendo os murchos removidos após serem contabilizados. Na avaliação do 60º dia foi estimado o bilro murcho final. No dia 29/agosto/2014 foi realizada observação relativa ao grau de desenvolvimento e maturação dos frutos formados pela polinização ventilada.

A análise estatística foi processada no Programa R, (Venables et al., 2000). A análise foi composta criticando as distribuições dos erros dos dados, conforme os procedimentos preconizados para os Modelos Lineares Generalizados (GLM) (Crawley, 2002). Para verificar o impacto das variáveis explicativas sobre a variável resposta polinização-frutificação, fez-se uma análise de covariância, ANCOVA (Crawley, 2002), considerando bilro (y) como variável dependente e como variável independente o agente polinizador (ventilação e polinização natural - mosca *Forcipomyia* sp. E outros insetos), as variedades clonais de cacau (CCN 51, SJ 02, PS 1319, CP 2004, CP 2002) e o número de plantas. A quantidade de dias de ventilação foi adotada como covariável.

Para mensurar o efeito final dos agentes polinizadores sobre a polinização-frutificação empregou os resultados da terceira avaliação (49º dia) em uma ANOVA. A quantidade bilro/planta foi a variável resposta e as variáveis explicativas foram variedade e polinizador (ventilação e polinizadores naturais). As médias de bilro das variedades foram comparadas através do teste Tukey a 5%.

Para quantificar o efeito dos agentes polinizadores sobre o bilro murcho, empregou-se o total de bilro murcho/planta observado em 49 dias, calculado mediante o somatório de bilro murcho das três avaliações. Na ANOVA, tomou-se o total de bilro murcho/planta como variável resposta e as variáveis explicativas foram o agente polinizador (ventilação e polinizadores naturais) e as variedades. A média de bilro murcho das variedades foi comparada através do teste Tukey a 5%.

Resultados e Discussão

A análise de covariância do modelo geral proposto confirmou que a polinização-frutificação é modificada

pelas variáveis: agente polinizador (ventilação e polinizadores naturais), variedade e dias de ventilação. De fato, todos os valores do teste F destas variáveis foram significativos, a exceção do número de plantas, que, isoladamente, não foi significativo, mas, foi significativo na interação com variedade (Tabela 1).

Entre os agentes polinizadores, a ventilação foi fator que mais incrementou a polinização-frutificação, como mostra a média de frutificação da mistura varietal PS 1319, CP 2002, SJ 02, CCN 51 e CP 2004 (Figura 1).

No 13º dia de ventilação, em relação à polinização natural, a polinização ventilada tinha incrementado

574% a frutificação da mistura clonal e, no 49º dia, o incremento foi de 277%. Esta redução no incremento ocorreu porque a polinização ventilada foi suspensa a partir do 23º dia, enquanto que a polinização natural permaneceu ativa (Figura 1). No período de zero até o 13º dia, na média das variedades clonais, a polinização ventilada gerou três (3,0) bilros viáveis por dia de ventilação. Os incrementos de frutificação gerados pela polinização ventilada observados neste experimento se equiparam aos reportados por Knoke & Saunders (1966) (260%), Soria (1970) (300%), Soria (1974) (421%) e (Knoke, Soria & Chapman, 1980) (572%).

Em relação às variedades, em todo o período avaliado, constatou-se que as plantas de todas as variedades polinizadas pela ventilação geraram frutificações maiores do que as plantas polinizadas, naturalmente, pelos insetos (Figura 2). Foi observado que, sob a ação da polinização ventilada, no 13º dia de ventilação, as variedades que mais frutificaram, em ordem decrescente, foram CP 2002, PS 1319, SJ 02, CP 2004 e CCN 51. Até o 13º dia foi estimado que os índices de frutificações das variedades CP 2002, PS 1319; SJ 02, CP 2004 e CCN 51 polinizadas pela ventilação eram, respectivamente, da ordem de 5,6; 4,5; 2,5; 1,7 e 1,2 frutos/dia de ventilação. Estes coeficientes sugerem que a

Tabela 1. Análise de covariância da hipótese geral

Fontes de Variação	GL	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F	Pr. (>F)
Agente Polinizador (ventilação e insetos)	1	218570	218570	433,4	< 2,2e ⁻¹⁶ ***
Número de plantas	1	485	485	0,961	0,3272 ^{ns}
Variedades (CP 2002, PS 1319, SJ 02, CP 2004, CCN 51)	4	115961	28990	57,49	< 2,2e ⁻¹⁶ ***
Nº dias de ventilação (23 dias)	1	27940	27940	55,41	3,13e ⁻¹³ ***
Agente polinizador: variedades	1:4	46744	11686	23,17	< 2,2e ⁻¹⁶ ***
Planta: variedade	4	14824	3706	7,349	< 2,2e ⁻¹⁶ ***
Resíduo	647	326233			
Total	662	750757			

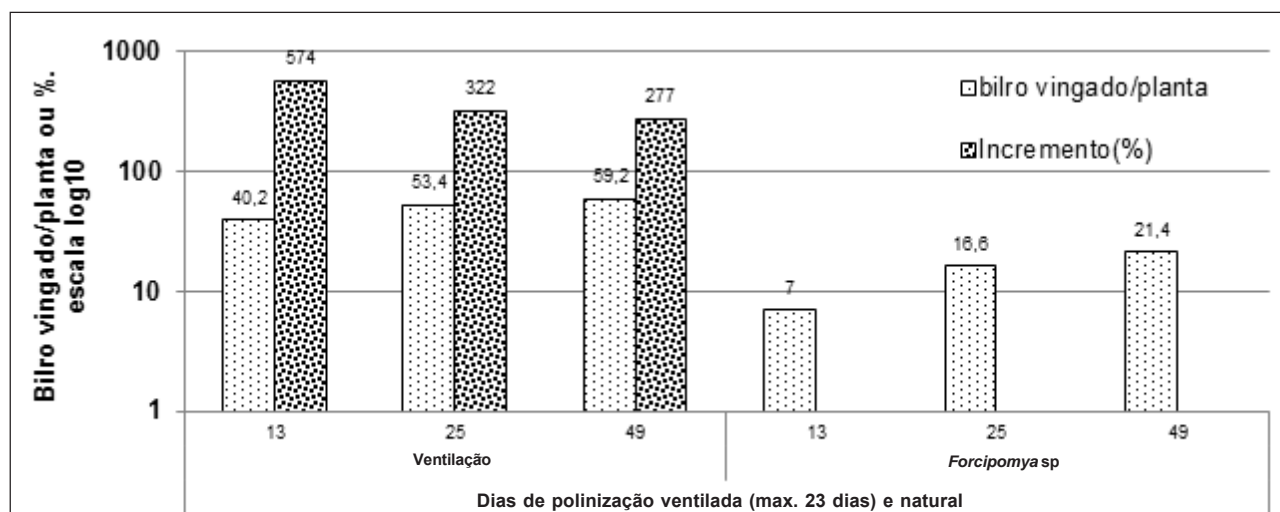


Figura 1. Impacto da polinização ventilada e dos agentes naturais (*Forcipomyia* sp) de polinização sobre a frutificação da mistura varietal PS 1319, CP 2002, SJ 02, CCN 51 e CP 2004.

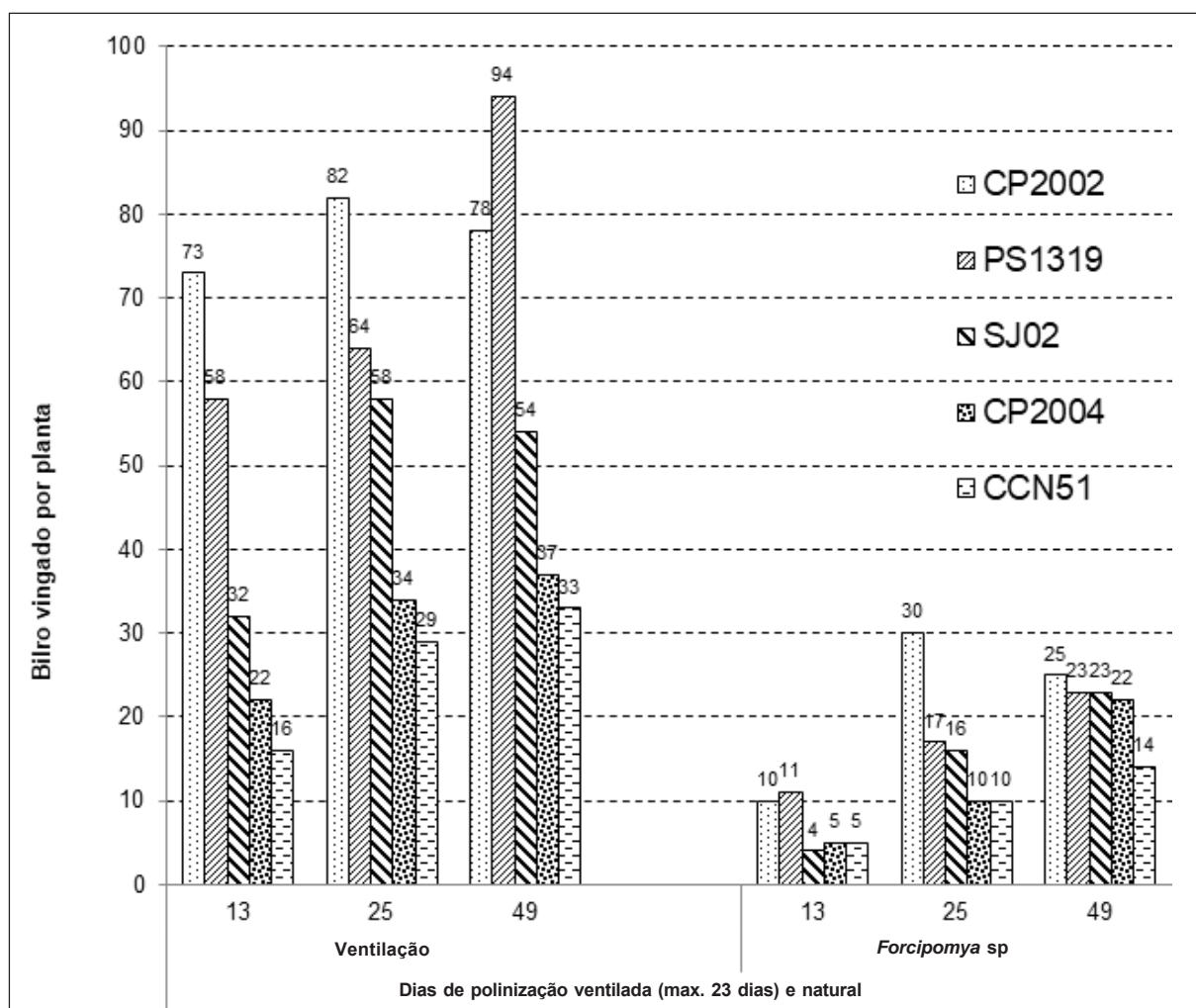


Figura 2. Frutificação em variedades de cacaueteiro em resposta a polinização ventilada e polinizador natural.

polinização ventilada deve ser recomendada, preferencialmente, para as variedades CP 2002, PS 1319 e SJ 02. Também, estes coeficientes podem ser empregados para estimar o número de dias de ventilação necessários para alcançar uma meta de frutificação por variedade.

Na avaliação do 49º dia, a estatística confirmou que a variedade PS 1319 é a que mais responde à polinização ventilada. Sucessivamente, em ordem decrescente de frutificação foram as variedades CP 2002, SJ 02, CP 2004 e CCN 51 (Tabela 2). Conclui-se que a eficiência polinizadora da ventilação depende da variedade clonal.

Em relação à polinização natural dos insetos nenhuma diferença estatisticamente significativa foi constatada entre os clones (Tabela 2). Contudo, uma

diferença biológica de nove frutos/planta pode ser observada entre as médias da variedade que mais frutificou (CP 2002) e a que menos frutificou (CCN 51), ao final dos 23 dias do período avaliado (Tabela 2).

A Tabela 2, em média, mostra que o total de bilro vingado produzido pelas plantas polinizadas pela ventilação (59,5) foi 2,8 vezes maior do que o bilro vingado observado nas plantas polinizadas naturalmente pela *Forcipomyia* spp. e outros insetos (21,4) (Tabela 2). Ainda, constata-se que a polinização ventilada promoveu nas variedades a formação de bilros vingados, estatisticamente diferentes e maiores do que os bilros vingados gerados por todas as variedades polinizadas por insetos (Tabela 2). Em relação à polinização entomófila e natural, em ordem crescente, a ventilação incrementou o bilro vingado

Tabela 2. Frutos vingados/planta por variedade clonal e polinizador natural ao 49º dia

Variedade	Ventilação	Polinizador natural	Incremento de bilro vingado (%)
PS 1319	94,0Aa	22,7Ab	310
CP 2002	77,6Aba	24,6Ab	215
SJ 02	53,7BCa	23,4Ab	129
CP 2004	36,8Ca	21,8Ab	69
CCN 51	33,3Ca	14,1Ab	136
Geral	59,5	21,4	172

Médias na vertical (letras maiúsculas) ou na horizontal (letra minúsculas) seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%). CV (%) = 37,8

das variedades, na seguinte ordem crescente, em %: CP 2004 (69), SJ 02 (129), CCN 51 (136), CP 2002 (215) e PS 1319 (310). Estes resultados asseguram que o tipo de agente polinizador modifica a produção de bilro vingado e, simultaneamente, é modificado pela variedade do cacauero. Portanto, podemos concluir que, nas variedades clonais utilizadas, o incremento de bilro vingado induzido pela ventilação é maior do que aquele induzido pela polinização natural da *Forcipomyia* spp. ou outros insetos, e que há variedades que respondem mais que outras à polinização ventilada.

Os impactos dos agentes polinizadores na produção de bilro murcho das variedades estão tabulados por coluna na Tabela 3. Com a ventilação houve diferença estatística entre a variedade CP 2002, que produziu o maior número de bilro murcho (549) e a SJ 02, que gerou o menor número de bilro murcho (181). Entre as demais variedades não houve diferença estatística (Tabela 3). Com a polinização natural (*Forcipomyia* sp. e outros insetos) não foi observada diferença estatística entre CP 2002 e PS 1319, mas elas diferenciaram do grupo SJ 02, CP 2004 e CCN 51, e, entre si, estas últimas variedades não se diferenciaram estatisticamente (Tabela 3). Portanto, para um mesmo agente polinizador, a geração de bilro murcho é modificada pela variedade de cacauero.

Comparando, na linha, o impacto dos agentes polinizadores sobre a produção total de bilro murcho, constata-se que a ventilação duplicou (1661) o bilro murcho em comparação à polinização natural (*Forcipomyia* sp. e outros insetos) (827) (Tabela 3). Também, constata-se que não houve diferença

estatística, (letras minúsculas na linha), entre as quantidades induzidas de bilros murchos pela ventilação e polinização natural sobre as variedades PS 1319 e CP 2002, mas, estatisticamente, a ventilação gerou nas variedades SJ 02, CP 2004 e CCN 51 uma maior quantidade de bilro murcho do que a quantidade produzida por polinização natural (*Forcipomyia* spp. e outros insetos). Em relação à polinização natural (*Forcipomyia* e outros insetos), em ordem crescente, a ventilação incrementou o bilro murcho das variedades na seguinte ordem, em %: PS 1319 (27), CP 2002 (70), SJ 02 (86), CP 2004 (381) e CCN 51 (512) (Tabela 3). Estes resultados asseguram que o tipo de agente polinizador e a variedade impactam a produção de bilro murcho.

A relação entre bilros vingados e murchos pode ser observada na Figura 3. Observa-se que, sob polinização ventilada, as variedades PS 1319, CP 2002 e SJ 02 geraram, respectivamente, os maiores índices de bilro vingado, 94%, 78% e 54%, assim como os menores incrementos de bilro murcho (11%, 22% e 13%), mas, sob polinização natural da mosca *Forcipomyia* spp. e outros insetos, esses clones geraram os maiores índices de bilro murcho, 37%, 45% e 15%, (Figura 3).

Inversamente, as variedades CP 2004 e CCN 51, submetidas à polinização ventilada, respectivamente, geraram os menores incrementos de bilro vingado, 37% e 33% e os maiores índices de bilro murcho, 25% e 30%; no entanto, sob a ação da polinização natural dos insetos, elas produziram os menores índices de bilro vingado (22% e 14%) e os menores índices de bilro murcho, 13% e 16% respectivamente.

Tabela 3. Total acumulado de bilro murcho por variedade e porcentagem de variação em relação à polinização do polinizador natural

Variedade	Ventilação	Polinizador natural	Incremento de bilro murcho (%)
PS 1319	283.0Aba	223.0Aa	27
CP 2002	549.0Aa	386.0Aa	70
SJ 02	181.0Ba	97.0Bb	86
CP 2004	342.0Aba	71.0Bb	381
CCN 51	306.0ABa	50.0Bb	512
Total Geral	1661.0	827.0	

Médias na vertical (letras maiúsculas) ou na horizontal (letra minúsculas) seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%). CV (%) = 55,0

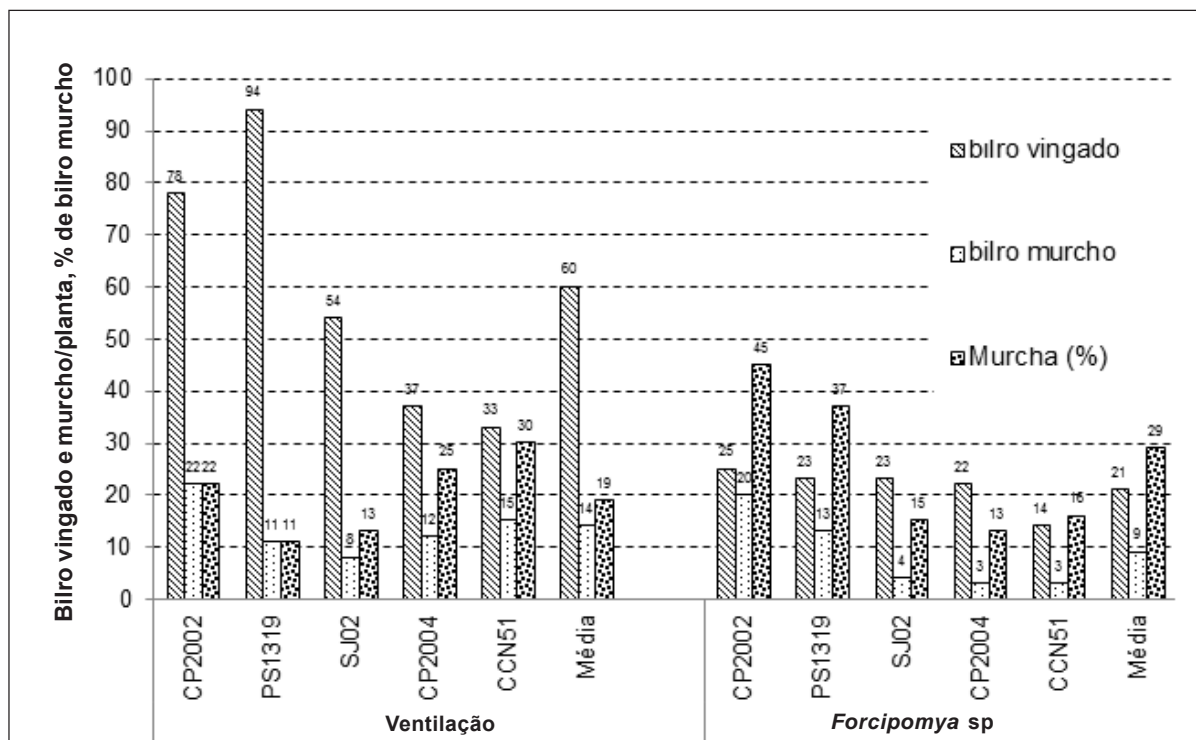


Figura 3. Murcha de bilro (%) em resposta à polinização ventilada e polinização natural (*Forcipomyia* sp. e outros), em variedades de cacauero.

O período de ventilação foi de 23 dias e, as variedades CP 2002, PS 1319, SJ 02, CP 2004 e CCN 51 acumularam nesse período, respectivamente, 78, 94, 54, 37 e 33 bilros vingados (Figura 2). A maioria destes frutos, no final de agosto/2014, estava desenvolvida e exibindo elevada uniformidade de

tamanho e maturidade (Figura 4). Isto é, a polinização ventilada permitiu incrementar e concentrar a frutificação e uniformizar o desenvolvimento e a maturação da carga frutífera. Em consequência, a polinização ventilada potencializa a redução no número de colheitas e diminuição do custo de produção.



Figura 4. Uniformidade de desenvolvimento dos frutos em cacauero submetido à polinização ventilada reduz as despesas com colheita.

Conclusões

A frutificação das variedades autocompatíveis responde ao incremento na frequência de polinização ventilada. Sob regime pleno de florescência, as variedades que mais respondem ao incremento de polinização ventiladas são PS 1319, CP 2002 e SJ 02.

A polinização ventilada concentra a frutificação, uniformiza o desenvolvimento e maturação da carga frutífera e potencializa a redução no número e no custo da colheita.

A polinização natural realizada pelos insetos polinizadores (*Forcipomyia* sp. ou pulgões), produz algumas diferenças biológicas na intensidade de polinização-frutificação das variedades autocompatíveis.

A polinização ventilada pode ser recomendada preferencialmente para as variedades PS 13.19, CP 2002 e SJ 02.

Agradecimentos

Agradecemos ao Srs. Fernando De Martins, proprietários da Fazenda Álamo, Eunápolis, Bahia, pela concessão do cacau para desenvolvimento da pesquisa.

Literatura Citada

- ABREU, J. M. et al. 1989. Manejo de Pragas do Cacaueiro. Ilhéus, Bahia, CEPLAC/CEPEC. Boletim Técnico. 32p.
- ADJALOO, M. K. 2012. Pollination ecology of upper amazon cocoa and breeding substrates of cocoa pollinators in the Ejisuabeng district of the Ashanti region, Ghana. Thesis Doctor. Kumasi, Ashanti, Ghana. Kwame Nkrumah University of Science and Technology. 201p.
- ALVIM, P. T. 1984. Flowering of cocoa. Cocoa Growers' Bulletin 25:23-31.
- ALVIM, P. T. 1956. Correlação entre chuva, temperatura e produção do cacaueiro. In: Reunião do Comitê Técnico Interamericano de Cacau, 6^a. Instituto de cacau da Bahia, Salvador, Bahia. pp.133-136.
- AMPOFO, S. T.; BONAPARTE, E. E. N. A. 1981. Flushing, flowering and pod setting of hybrid cocoa in a cocoa shade/spacing/cultivar experiment. International Cocoa Research Conference, 7th, Cameroon. Proceedings. pp.103-108.
- BILLES, D. J. 1941. Insects and the pollination of *Theobroma cacao*, L. Thesis for Diploma Tropical Agriculture (D.T.A.). St. Augustine, Trinidad e Tobago. The University of The West Indies. 60p. <http://uwispace.sta.uwi.edu/dspace/handle/2139/41116?show=full>
- CHEESMAN, L. E. E. 1927. Fertilization and embryogeny in *Theobroma cacao*. Annals of Botany 41(1):107-126.
- COPE, F. W. 1962a. The mechanism of pollen incompatibility in *Theobroma cacao* L. Heredity 17:157-182.
- COPE, F. W. 1962b. The effects of incompatibility and compatibility on genotype proportions in populations of *Theobroma cacao* L. Heredity 17:183-195.
- CRAWLEY, M. J. 2002. Statistical Computing: an introduction to data analysis using S-Plus. John Wiley & Sons, Ltd. Baffins Lane, Chischester, West Sussex, PO19 1UD, England. 761p.
- DEJEAN, M. 1949. Some observations of the flowering habits of cacao. M. A. Thesis, Turrialba. Costa Rica. Inter-American Institute of Agricultural Sciences. 43p.
- GONZALEZ, H. C. 1954. Contribución a la polinización artificial en el cacao. Cacao em Colombia 3:167-182.
- GRAMACHO, I. C. P. et al. 1992. Cultivo e beneficiamento do cacau na Bahia. Ilhéus, Bahia, CEPLAC/CEPEC. 124p.
- HARLAND, S. C. 1925. Studies in cacao. I. The method of pollination. Annals Applied Biology 12:403-409.
- HERNANDEZ, J. 1965. Insect pollination of cacao (*Theobroma cacao* L.) in Costa Rica. Thesis Doctor. Wisconsin, Madison. University of Wisconsin. 167p.
- JONES, G. A. 1912. The structure and pollination of the cacao flower. West Indian Bulletin 2:347-350.
- KAUFMANN, T. 1974. Behavioral Biology of a

- Cocoa Pollinator, *Forcipomyia inornatipennis* (Diptera: Ceratopogonidae) in Ghana. *Journal of the Kansas Entomological Society* 47(4):541-548.
- KNOKE, J. K.; SAUNDERS, J. L. 1966. Induced fruit set of *Theobroma cacao* L. by Mistblower applications of insecticides. *Journal Economic Entomology* 59(6):1427-1430.
- KNOKE, J. K.; SORIA, S. de S.; CHAPMAN, R. K. 1980. Cocoa pollination with spray equipment in Costa Rica. *Revista Theobroma* 10(4):213-224.
- 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.
- MARSHALL, J. 1934. Fertility in cacao. I.C.T.A. Trinidad. In: *Annual Report on Cacao Research, 3th.* pp.34.
- NAKAYAMA, K. 2018. Efeitos da ventilação na polinização do cacauero. *Revista Agrotrópica (Brasil)* 30(3):153-256.
- NAKAYAMA, K. 2010. A frutificação de *Theobroma cacao* L. depende dos sítios criatórios das moscas polinizadoras *Forcipomyia blantoni* Soria & Bystrak e *Forcipomyia spatulifera* Saunders, (Ceratopogonidae, Díptera). *Revista Agrotrópica (Brasil)* 22(3):145-156.
- POSNETTE, A. F. 1938. Incompatibility and pollination in cacao. *Imperial College of Tropical Agriculture. Trinidad.* In: *Annual Report on Cacao Research, 7th.* pp.19-20.
- POSNETTE, A. F. 1940. Self-Incompatibility in cacao (*Theobroma* spp.). *Tropical Agriculture* 17:67-71.
- POSNETTE, A. F. 1944. Pollination of cacao in Trinidad. *Tropical Agriculture* 21(6):115-118.
- POUND, F. J. 1932a. The genetic constitution of cacao crop. I.C.T.A. Trinidad. In: *Annual Report on Cacao Research, 1th.* pp.10-24.
- POUND, F. J. 1932b. Studies of fruitfulness in cacao. II. Evidence for partial sterility. I.C.T.A. Trinidad. In: *Annual Report on Cacao Research, 1th.* 1931. pp.26-28.
- POUND, F. J. 1935a. A note on a method of controlled pollination of cacao. I.C.T.A. Trinidad. In: *Annual Report on Cacao Research, 4th.* pp.15-16.
- POUND, F. J. 1935b. Studies of fruitfulness in cacao. V. Conditional self-compatibility and its implications. I.C.T.A. Trinidad. In: *Annual Report on Cacao Research, 4th.* pp.17-19.
- POUND, F. J. 1935c. Studies of fruitfulness in cacao. V. Ovule loss at fertilization. I.C.T.A. Trinidad. In: *Annual Report on Cacao Research, 4th.* 1934. pp.26-32.
- SMEE, L. 1963. The use of mists in the application of insecticides to cacao. *The Papua and New Guinea Agricultural Journal* 16(1):57-63.
- SMITH, A. G. 1952. Pollination of cacao in Costa Rica. M. A. Thesis, Inter-American institute of Agricultural Sciences. Turrialba, Costa Rica. 43p.
- SOETARDI, R. G. 1950. De betekenis van insecten bij de bestuiving van *Theobroma cacao* L. *ArchiefVoor de Koffiecultuur.* 17:1-31.
- SORIA, S. J. 1967. Bionomics and behavior of *Forcipomyia* midges (Ceratopogonidae) relative to the pollination of *Theobroma cacao* L. in Costa Rica. M. A. Thesis (Entomology). Wisconsin, Madison, University of Wisconsin. 45p.
- SORIA, S. J. 1970. Studies on *Forcipomyia* spp. midges (Diptera: Ceratopogonidae) related to the pollination of *Theobroma cacao* L. Thesis Doctor. Wisconsin, Madison, University of Wisconsin. 129p.
- SORIA, S. J. 1974. Indução da produção em cacauero com uso de atomizador motorizado portátil na Bahia, Brasil. *Revista Theobroma* 4(2):3-13
- SORIA, S. J.; CERDAS, M. 1966. Polinizaciones por movimiento de flores con escobilla de sorgo. In: *Informe Anual. Turrialba, Costa Rica. IICA. 1965.* Turrialba. pp.8-9.
- SORIA, S. J.; ABREU, J. M. 1976. Dinâmica populacional de *Forcipomyia* spp. (Díptera: Ceratopogonidae) na Bahia. *Revista Theobroma* 6(1):47-54.
- SORIA, S. J.; WIRTH, W. W. 1974. Identidade e caracterização taxonômica preliminar das mosquinhas *Forcipomyia* (Díptera:

- Ceratopogonidae) associadas à polinização do cacauero na Bahia. *Revista Theobroma* 4(1):3-12.
- SORIA, S. J.; WIRTH, W. W.; BICELLI, R. 1981. Ocorrência de Mosquinhas Ceratopogonidea (Díptera: Nematocera) em cacauais do Pará e Rondônia, Brasil. In: Conferência Internacional de Pesquisa em Cacau, 8. Cartagena, Colômbia. Actes. Lagos, Nigeria, Cocoa producer's Alliance. pp.329-330.
- SORIA, S. J.; WIRTH, W. W.; SANCHES, P. A. 1981. Ceratopogonid midges (Diptera, Nematocera) collected from cacao flowers in Caucagua, Miranda, Venezuela. *Revista Theobroma* 11(4):249-250.
- STIHL. 2019. Produtos STIHL. In: <https://www.stihl.com.br/Produtos-STIHL/Sopradores-e-aspirador/Sopradores-para-uso-agropecuario/2799-1533/Soprador-BR-600.aspx>.
- VAN HALL, C. J. J. 1914. Cacao. Macmillan and Co. 514p.
- VENABLES, W. et al. 2000. Introduction to R. R Development Core Team. <http://www.r-project.org>. Acesso em: 28/03/2011.
- VOELCKER, O. J. 1936. A note on the behavior of cacao flowers after pollination and the incidence of cherville wilt. In: Annual Report on Cacao Research, 7th. ICTA. Trinidad. pp.5-8.
- 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 cacauero. In: Conferência Internacional de Pesquisa em Cacau, 8. Cartagena, Colômbia. Actes. Lagos, Nigeria, Cocoa producer's Alliance. pp.215-222.
- WELLENSIEK, S. J. 1932. Bloem biologische waarnemingen aan cacao. *Archief Voor de koffiecultuur* 6:87-101.
- YOUNG, A. M. 1983. Seasonal differences in abundance and distribution of cocoa pollinating midges in relation to flowering and fruit set of between shaded and sunny habitat of the La Lola cocoa farms in Costa Rica. *Journal of Applied Ecology* 20:801-831.



PARTICIPATORY SELECTION OF SWEET CASSAVA GENOTYPES WITH FARMERS IN THE NORTHERN AMAZONIA

Everton Diel Souza¹, Hyanameyka Evangelista de Lima-Primo¹, Dalton Roberto Schwengber², Admar Bezerra Alves¹ e José Alberto Martell Mattioni¹

¹Brazilian Agricultural Research Corporation, Embrapa Roraima, Highway BR-174, km 08, PO Box 151, 69301-970, Boa Vista, Roraima, Brazil. everton.souza@embrapa.br, hyanameyka.lima@embrapa.br, admar.alves@embrapa.br, jose.mattioni@embrapa.br. ²Retired researcher from Embrapa Roraima. dalton.schwengber@embrapa.br

The participatory research methodology has been fundamental to the efficiency of using and propagating genotypes because it focuses on its main customers farmers who actively participate in the evaluation using their selection criteria. The objective of this study was to analyze the probability of using new sweet cassava genotypes by farmers in the municipalities of São João da Baliza, São Luiz, and Caroebe in Southern Territory of the Roraima State in the Northern Brazilian Amazon. From 2019 to 2020, 54 participatory evaluations were conducted in the three municipalities. The genotypes evaluated were Aipim Brasil, BRS Dourada, BRS Gema de Ovo, BRS Japonesa, BRS Moura, Clone RRM 7, Clone RRM 9, Clone RRM 10 and Saracura. During the participatory genotypes selection, 23 farmers of the female gender and 31 farmers of the male gender chose selection criteria like yield, root length and diameter, cooked pasta quality and starch content. Overall, on average, Clone RRM 7, BRS Japonesa, Clone RRM 9 and Clone RRM 10 were farmers' favorite genotypes with a high probability of adoption.

Key words: *Manihot esculenta*, participatory research, improved cultivars.

Seleção participativa de cultivares de mandioca para mesa com agricultores do norte da Amazônia. A metodologia de pesquisa participativa tem sido fundamental na eficiência da adoção e difusão de cultivares pois tem como foco o seu principal cliente, o agricultor, que participa ativamente da condução dos trabalhos de avaliação utilizando seus próprios critérios de seleção. Este trabalho teve por objetivo analisar a probabilidade de adoção de novas cultivares de mandioca para mesa, por agricultores dos municípios de São João da Baliza, São Luiz e Caroebe do Território Sul do estado de Roraima no Norte da Amazônia Brasileira. No período de 2019 a 2020 foram conduzidas 54 avaliações participativas nos três municípios. As cultivares avaliadas foram: Aipim Brasil, BRS Dourada, BRS Gema de Ovo, BRS Japonesa, BRS Moura, Clone RRM 7, Clone RRM 9, Clone RRM 10 e Saracura. Durante a seleção de genótipos participativa, 23 agricultoras e 31 agricultores escolheram como critérios de seleção a produtividade, o comprimento e diâmetro das raízes, a qualidade da massa cozida e o teor de amido na raiz. Na média geral, as cultivares Clone RRM 7, BRS Japonesa, Clone RRM 9 e Clone RRM 10 destacaram-se na preferência dos agricultores com alta probabilidade de adoção.

Palavras-chave: *Manihot esculenta*, pesquisa participativa, cultivares melhoradas.

Introduction

Cassava (*Manihot esculenta* L. Crantz) is a staple food for millions of tropical inhabitants around the world. In Brazil, it is cultivated in almost all regions, being used mainly in the form of flour and other industrialized products (Oliveira e Moraes, 2009). In Roraima, cassava has an expressive economic and social importance, constituting one of the basic food products of the population, mainly in the form of flour. In 2020, 6595 ha were harvested in Roraima with the cultivation of cassava resulting in the production of 85520 tons of roots, causing the average yield to reach 12.9 t ha⁻¹, much lower than the Brazilian average which was 14.9 t ha⁻¹. The production value corresponded to R\$ 67.049.000 million only behind to crops such as soybeans, rice, corn and bananas (IBGE, 2021).

Sweet cassava, also known as “manioc” or table cassava, included cultivars that are distinguished from bitter cultivars by their low levels of hydrocyanic acid, a toxic principle of cassava (less than 100 ppm in the raw pulp of the roots). Cassava is harvested early between seven and 14 months for better cooking quality (Lorenzi, 2012). Embrapa’s sweet cassava breeding program is focused on the development of specific cultivars for the production of roots for human consumption (cooked, fried, chips, precooked, pasta etc.) (Rinaldi et al., 2017, Rinaldi, Vieira e Fialho, 2019, Vieira et al., 2018, Fuhrmann et al., 2019, Mendonça et al., 2020).

The objective of research experimentation with farmers is to implement a partnership involving farmers, researchers, and other members of the crop production chain in the technology development process and to simultaneously evaluate the performance of this technology in a broad range of edaphoclimatic conditions unavailable in the experimental bases (Fukuda e Saad, 2001). In this context, Hernandez-Romero (2000) highlights participatory breeding, in which farmers participate in some phases of genotype selection on their farms using their traditional production systems.

The use of participatory methodologies in cassava breeding as a complement to conventional breeding methods is an alternative to identifying the selection criteria used by farmers for adopting new varieties and feedback breeding programs, being also an efficient tool to adopt and disseminate cultivars

(Fukuda et al., 2006, Vieira et al., 2018). To analyze this information, Hernandez-Romero (2000) developed a logistic regression program to evaluate cassava cultivar preference and the probability of acceptance in participatory evaluations with farmers. The objective of this study was to analyze the probability of adopting new cultivars of sweet cassava by farmers in Southern Territory in the state of Roraima.

Materials and Methods

The Component 2 Project (PC2) of the Mandiotec Project is an Integrated Amazon Project with the general objective of introducing and transferring new technologies to increase cassava production and productivity to provide an alternative to the traditional agriculture system used in the Amazon. Specifically, the project targets the states of Acre, Amazonas, Amapá, Pará, Rondônia, and Roraima, and the transition mesoregions in the states of Mato Grosso and Maranhão.

In Roraima, the municipalities chosen for the study were Caroebe, São João da Baliza, São Luiz, and Rorainópolis, and the district of Novo Paraíso in Caracará all in Southern Territory of Roraima, which was created on April 13, 2004, with the special purpose of promoting sustainable socioeconomic and environmental development to improve the quality of life of men and women from Roraima from generation to generation (MDA, 2010).

In 2019 and 2020, 54 participatory evaluations with sweet cassava cultivars were conducted in three municipalities in the state of Roraima. The evaluations were part of a Component 2 activity of the Mandiotec Network Integrated Amazon Project implemented by Embrapa in partnership with the Eliseu Alves Foundation (FEA) and funded by National Bank for Economic and Social Development (BNDES).

The study evaluated nine cultivars pre-established by Embrapa Roraima in Boa Vista, RR. The general criteria established for the cultivars were productivity, sprouting and establishment in the field, flour and starch content, and tolerance for the main pests and diseases found in each community.

The cultivars evaluated were Aipim Brasil, BRS Dourada, BRS Gema de Ovo, BRS Japonesa, BRS Moura, Clone RRM 7, Clone RRM 9, Clone RRM 10

and Saracura. Participatory evaluations were planted in the farms using plots of 9 lines of 50 plants per cultivar, spaced 1.0 m between rows and 0.60 m between plants, without repetition, following the traditional management used by each farmer. Cassava stakes were planted between May and June and harvested at six and nine months after planting. The selection of genotypes for propagation and the cultural practices were according to the recommendations of the cassava production system for the Roraima State proposed by Souza et al. (2014).

During the crop cycle, the researchers and farmers jointly evaluated the cultivars using open-ended questions to encouraged farmers to express their opinions. A field spreadsheet was used to register and analyze the two types of information obtained (quantitative and qualitative), systematizing the necessary descriptors for feedback. Of the 54 participatory tests, 23 were carried out by women and 31 by men, corresponding to 42.59% of the female gender and 57.41% of the male gender, respectively.

The main selection criteria used by farmers for adopting new cassava cultivars were identified and ranked according to their preferences. According to the selection criteria and the preferences determined by the farmers, the cultivars evaluated were first divided into three categories in the field: good, regular, and bad. Thereafter, the cultivars were ranked according to the farmers' preferences from 1 to 9, with the best cultivar being scored 1 and the worst being scored 9. In this case, the evaluation was divided into two stages: one in the field at harvest based on yield, root, stem, and shoot size and shape; and the other based on the quality of the cooked root, including starch content, taste, presence of fiber, and cooking time. The latter was carried out only nine months after planting.

Using the participatory research methodology developed by Hernandez-Romero (2000) at the CIAT and established by Fukuda e Saad (2001) in northeast Brazil, the matrices were designed according to the order and frequency of preference for each cultivar. The absolute and cumulative probabilities of adoption were calculated for each cultivar evaluated. The absolute preference probability for each cultivar was obtained by dividing the number of times a cultivar was preferred by farmers within each preference order by the total number of evaluations. The cumulative

preference probability was obtained by adding the absolute probabilities.

The probability of adopting each cultivar was determined by logistic regression curves estimated from the cumulative preference probability and order of preference of each cultivar using the following mathematical model:

$$\text{Logic (p)} = \log [p/(1-p)] = A_j + B_k,$$

where A_j and B_k are the coefficient estimates for $1 < j < k$ and $k = 9$ cultivars (6 improved + 3 experimental).

Results and Discussion

Table 1 shows the preference order and frequency of each cultivar, represented by the number of times the cultivar was ranked in a specific position. It should be noted that when ranking the cultivars by preference, the farmers justify the reason for their choice in a simple and clear manner. At this point, the farmers clearly show their actual criteria for adopting or discarding a cultivar (Fukuda et al., 2008a).

The Clone RRM 7 was in the first place in 16 of the 54 participatory evaluations with farmers, followed by Clone RRM 9 (second) and BRS Japonesa (third), which were chosen eight times each, and Clone RRM 10 (fourth) and BRS Gema de Ovo (fifth), which was chosen seven times, as the first option. Therefore, the Clone RRM 7 had a 29.63% probability of being chosen by farmers, Clone RRM 9 had 15.69%, BRS Japonesa had 14.81% and Clone RRM 10 and BRS Gema de Ovo had a 12.96% probability each (Table 2). In

Table 1. Frequency distribution of the acceptance of sweet cassava cultivars in the municipalities of São João da Baliza, São Luiz, and Caroebe, Roraima, Brazil

Cultivars	Preference order									Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Clone RRM 7	16	5	8	9	9	3	3	1	0	54
Clone RRM 10	7	4	8	18	7	2	5	1	2	54
Saracura	0	5	10	7	8	6	11	4	3	54
BRS Dourada	0	5	1	3	3	10	3	18	8	51
BRS Gema de ovo	7	6	2	6	10	8	3	9	3	54
Aipim Brasil	5	6	4	4	3	2	4	4	22	54
BRS Japonesa	8	8	6	0	5	6	13	3	5	54
BRS Moura	3	3	7	4	7	12	8	7	3	54
Clone RRM 9	8	12	8	3	2	5	4	4	5	51
Total	54	54	54	54	54	54	54	51	51	480

Table 2. Absolute acceptance probability of new sweet cassava cultivars in the municipalities of São João da Baliza, São Luiz, and Caroebe, Roraima, Brazil

Cultivars	Absolute probability (%)									Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Clone RRM 7	29.63	9.26	14.81	16.67	16.67	5.56	5.56	1.85	0.00	100.0
Clone RRM 10	12.96	7.41	14.81	33.33	12.96	3.70	9.26	1.85	3.70	100.0
Saracura	0.00	9.26	18.52	12.96	14.81	11.11	20.37	7.41	5.56	100.0
BRS Dourada	0.00	9.80	1.96	5.88	5.88	19.61	5.88	35.29	15.69	100.0
BRS Gema de ovo	12.96	11.11	3.70	11.11	18.52	14.81	5.56	16.67	5.56	100.0
Aipim Brasil	9.26	11.11	7.41	7.41	5.56	3.70	7.41	7.41	40.74	100.0
BRS Japonesa	14.81	14.81	11.11	0.00	9.26	11.11	24.07	5.56	9.26	100.0
BRS Moura	5.56	5.56	12.96	7.41	12.96	22.22	14.81	12.96	5.56	100.0
Clone RRM 9	15.69	23.53	15.69	5.88	3.92	9.80	7.84	7.84	9.80	100.0

contrast, the Aipim Brasil and BRS Dourada cultivars were discarded in 22 and eight of the 54 evaluations, respectively. These cultivars showed an inverse trend, presenting 40.74% and 15.69% probability of ranking last in the farmers' preference, respectively. According to Fukuda et al. (2008a), the absolute probability of accepting a cultivar in the first place increases as the probability of being ranked last decreases, and vice versa.

Table 3 shows the cumulative probability matrix of cultivar acceptance. The cumulative acceptance probability is the probability of a cultivar achieving a certain rank in the preference of farmers (Fukuda et al., 2008a). The Clone RRM 7 has a 29.63% probability of being accepted as the first by the farmers, 38.89% of being one of the two accepted cultivars, and 53.70% of being one of the top three in a ranking from 1 to 9. The Clone RRM 9 and BRS Japonesa cultivars have a 15.69% and 14.81% probability of being accepted in the first place, 39.22% and 29.63% of being one of the two accepted cultivars and 54.90% and 40.74% of being one of the top three cultivars, respectively. The Saracura and BRS Dourada cultivars had a 0% probability of being accepted in the first place by the farmers, with an increasing tendency to be classified in the last place, indicating the discard them.

Vieira et al. (2011) had related that based on the preference matrix, the cumulative probability of

acceptance of accessions was estimated and the probability of preference of BRS Japonesa was 20% and the chance of being classified in the second, third and fourth position was 40%, 72% and 80% respectively, according to the farmers.

These matrices were used to generate regression curves to

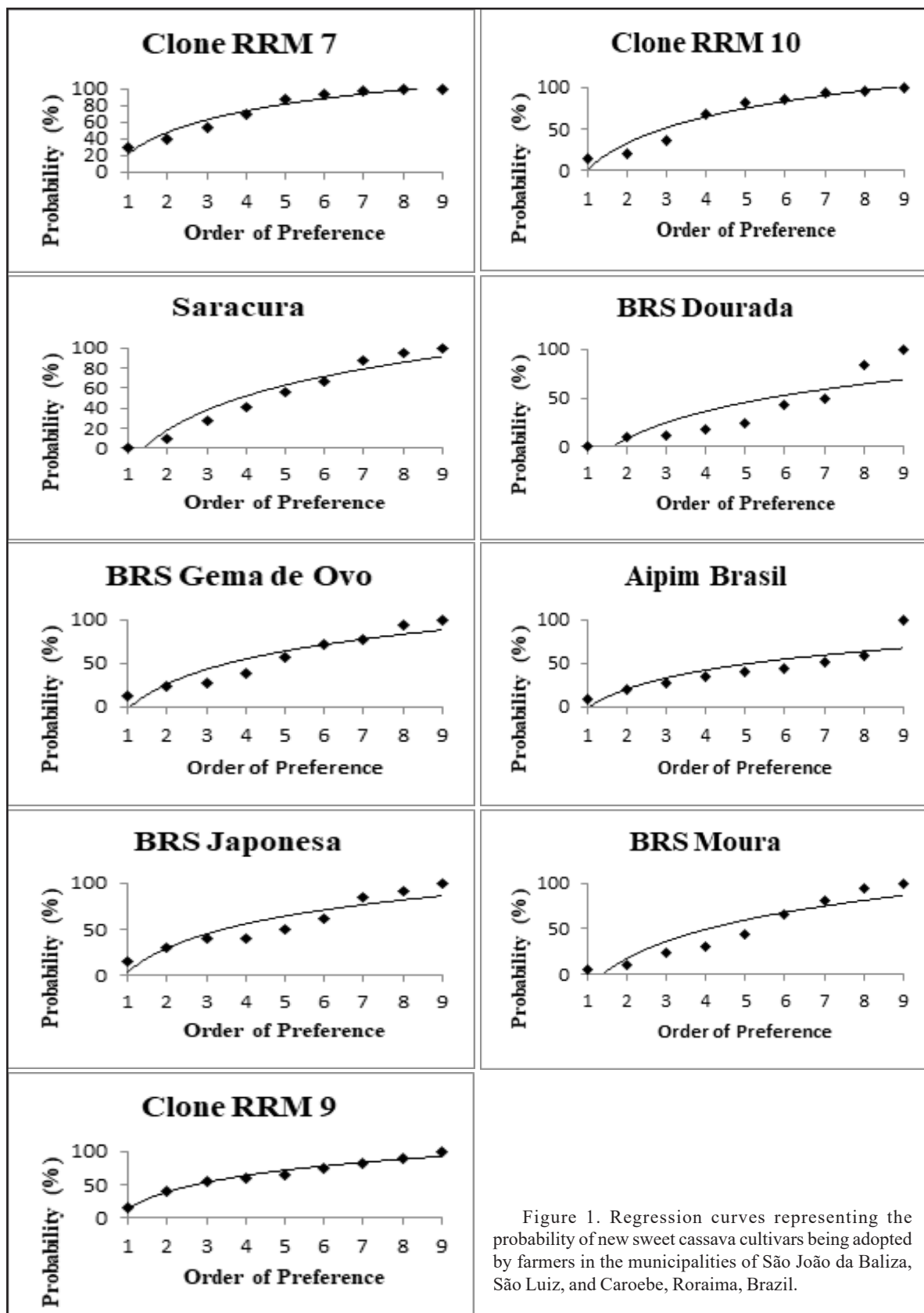
individually estimate the adoption probability of each cultivar. Based on these curves, there were several trends for the cultivars regarding the probability of being adopted by the farmers, improving the rapid identification of cultivars that showed adopting (Clone RRM 7) or discarding probabilities (Aipim Brasil) by farmers (Figure 1).

These curves confirm the information presented in Table 3, clearly showing the adoption probability of each cultivar. They indicate the higher preference for the Clone RRM 7 and BRS Japonesa cultivars and the low acceptance of the BRS Dourada, Aipim Brasil, and BRS Moura cultivars (Figure 2).

Table 4 provides the regression coefficient (\hat{b}) and intercept (\hat{a}) estimates of the logistic model used to compose the linear regression curves established for each cultivar (Figure 1) and the coefficients of determination calculated for each cultivar. A positive coefficient (\hat{b}) indicates a higher probability of being the first in the farmers' preference, which is the case for the Clone RRM 7, Clone RRM 9, Clone RRM 10

Table 3. Accumulated acceptance probability of new sweet cassava cultivars in the municipalities of São João da Baliza, São Luiz, and Caroebe, Roraima, Brazil

Cultivars	Absolute probability (%)								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Clone RRM 7	29.63	38.89	53.70	70.37	87.04	92.59	98.15	100.00	100.00
Clone RRM 10	12.96	20.37	35.19	68.52	81.48	85.19	94.44	96.30	100.00
Saracura	0.00	9.26	27.78	40.74	55.56	66.67	87.04	94.44	100.00
BRS Dourada	0.00	9.80	11.76	17.65	23.53	43.14	49.02	84.31	100.00
BRS Gema de ovo	12.96	24.07	27.78	38.89	57.41	72.22	77.78	94.44	100.00
Aipim Brasil	9.26	20.37	27.78	35.19	40.74	44.44	51.85	59.26	100.00
BRS Japonesa	14.81	29.63	40.74	40.74	50.00	61.11	85.19	90.74	100.00
BRS Moura	5.56	11.11	24.07	31.48	44.44	66.67	81.48	94.44	100.00
Clone RRM 9	15.69	39.22	54.90	60.78	64.71	74.51	82.35	90.20	100.00



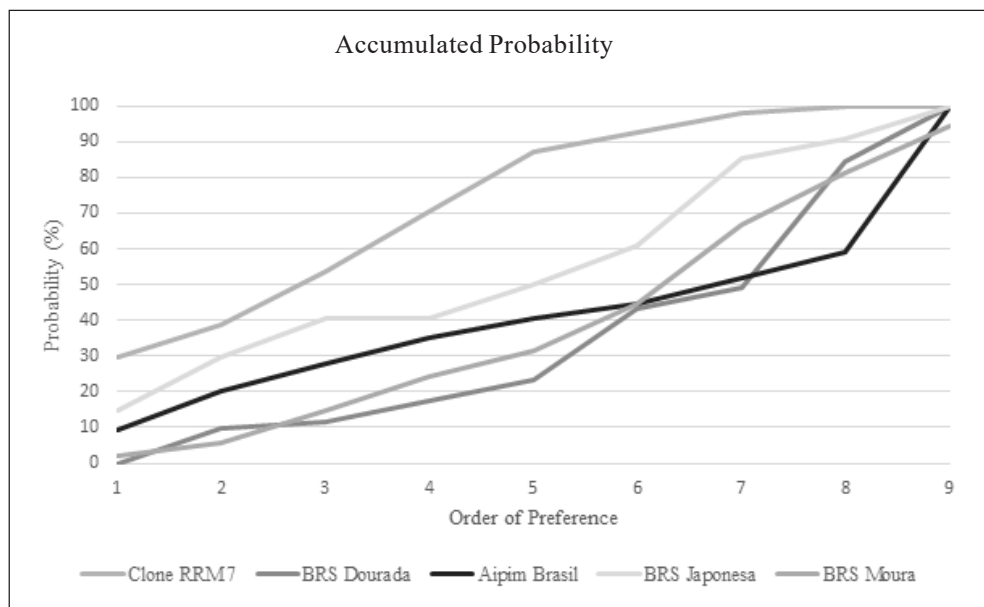


Figure 2. Comparison of the preference curves of the sweet cassava cultivars selected by farmers in participatory evaluations in the municipalities of São João da Baliza, São Luiz, and Caroebe, Roraima, Brazil.

Table 4. Regression parameters, intercept (\hat{a}), regression coefficient (\hat{b}), standard deviation (SD), and coefficient of determination (r^2) estimated by the regression curves for each cultivar

Cultivars	\hat{a}	\hat{b}	SD	r^2
Clone RRM 7	0.09599	0.26492	0.01141	0.90994
Clone RRM 10	0.11852	0.06790	0.01475	0.90220
Saracura	0.13333	-0.13169	0.00531	0.98903
BRS Dourada	0.12059	-0.22603	0.01513	0.90069
BRS Gema de Ovo	0.11543	-0.01543	0.00533	0.98532
Aipim Brasil	0.08951	-0.01543	0.01323	0.86737
BRS Japonesa	0.10556	0.04218	0.00724	0.96814
BRS Moura	0.12963	-0.13786	0.00665	0.98189
Clone RRM 9	0.09314	0.18137	0.00790	0.95200

and BRS Japonesa cultivar. A negative regression coefficient (\hat{b}), even with a higher intercept (\hat{a}), rules out the probability of a cultivar being the first in the farmers' preference and increases the probability of being the last in the ranking, which is the case for the other cultivars, especially BRS Dourada, BRS Moura, Aipim Brasil and Saracura.

Similar results were found by Fukuda et al. (2008b) applying the methodology in several states, municipalities and communities in Northeast Brazil. The cultivars BRS Dourada, BRS Gema de Ovo and Amarelo II presented a positive regression coefficient (\hat{b}) and being first in the farmers' rank. Amarelo I,

Rosa, Cacau Amarelo, and Aipim Cacau obtained a negative regression coefficient (\hat{b}) and were last in the ranking order. However, there were some differences among communities from different States. In Maranhão State, the cultivars Amarelo I and Amarelo II presented the highest probability of acceptance by farmers, whereas in Pernambuco and Piauí States the preference was for the cultivars BRS Dourada, BRS Gema de Ovo and Abóbora and in Ceará State for Cacau and BRS Gema de Ovo. The factors that determined the adoption of

cultivars were the different ecosystems, which varied within the same state and municipalities, showing the vulnerability of recommending cassava cultivars without first testing them in several places with the participation of farmers. This demonstrates that in the genotype x environment interaction, in cassava, the farmer's environment is included.

Vieira et al. (2018) had conducted and selected through 27 participatory tests at Distrito Federal, Brazil, the sweet cassava cultivars BRS 396, BRS 397, BRS 398 and BRS 399 that by their agronomic performance and their high level of acceptance among producers qualified them as a new crop option for cultivation in the region.

Fukuda et al. (2006, 2008a and 2008b) concluded in their work that the logistic analysis of cassava cultivars preference by farmers as calculated from the probability matrices was one of the most effective tools for selecting or discarding new research-generated cultivars.

Conclusion

Based on these preference matrices and the acceptance probability of the cultivars evaluated in Southern Territory, Roraima, Clone RRM 7, Clone RRM 9, BRS Japonesa cultivar and Clone RRM 10 were selected for their recommendation potential given their high probability of being adopted by farmers in that region.

Acknowledgments

First, the authors thank all of the farmers in the three municipalities and the collaborators who participated in all stages of the project. They also thank the Fundação Eliseu Alves (FEA) for the efficient release of resources and the Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) for financing the Integrated Amazon Project.

Literature Cited

- FUHRMANN, E. et al. 2019. Agronomic performance and biochemical attributes of yellow-pulped elite sweet cassava clones. *Científica* 47:77-82.
- FUKUDA, W. M. G.; SAAD, N. 2001. Participatory research in cassava breeding with farmers in Northeastern Brazil. Cruz das Almas, BA, Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical. (Documentos 99).
- FUKUDA, W. M. G. et al. 2006. Seleção participativa de variedades de mandioca de mesa na Chapada do Araripe. Cruz das Almas, BA, Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical. (Documentos 160).
- FUKUDA, W. M. G. et al. 2008a. Seleção de variedades de mandioca com a participação de agricultores do Sudoeste do estado da Bahia. Cruz das Almas, BA, Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical. (Documentos 164).
- FUKUDA, W. M. G. et al. 2008b. Adoção de variedades de mandioca de polpa amarela para mesa no Nordeste Brasileiro. Cruz das Almas, BA, Embrapa Mandioca e Fruticultura. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 41.
- HERNANDEZ-ROMERO, L. A. 2000. Logistic preference ranking analysis for evaluation technology options: a user manual and application for Microsoft Excel 7.0. Final version. Cali: CIAT. (Document 319).
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. 2021. Produção Agrícola Municipal. Mandioca. Brasília, DF, Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rr/pesquisa/14/10193>> Accessed on 2 dec 2021.
- LORENZI, J. O. 2012. Mandioca. Campinas, SP, CATI. Boletim Técnico 245.
- MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO - MDA. 2010. Plano Territorial de Desenvolvimento Rural Sustentável: Propostas de Políticas Públicas para o Território Sul de Roraima. Rorainópolis/RR: P. 120. Disponível em: <<http://sistemas.mda.gov.br/sdt/pdf>>. Accessed on 16 nov 2020.
- MENDONÇA, R. M. et al. 2020. Agronomic performance of sweet cassava cultivars. *Horticultura Brasileira* 38:434-438.
- OLIVEIRA, M. A.; MORAES, P. S. B. 2009. Características físico-químicas, cozimento e produtividade de mandioca cultivar IAC 576-70 em diferentes épocas de colheita. *Ciência e Agrotecnologia* 33:837-843.
- RINALDI, M. M. et al. 2017. Shelf life of minimally processed cassava roots submitted to different conservation methods. *Científica* 45:9-17.
- RINALDI, M. M.; VIEIRA, E. A.; FIALHO, J. F. 2019. Postharvest conservation of minimally processed cassava roots subjected to different packaging systems. *Científica* 47:144-155.
- SOUZA, E. D. et al. 2014. O Cultivo da Mandioca em Roraima. Boa Vista, Roraima, Embrapa Roraima. Sistema de Produção, 05. 90p.

VIEIRA, E. A. et al. 2011. BRS Japonesa: new sweet cassava cultivar for the Distrito Federal region. *Crop Breeding and Applied Biotechnology* 11:193-196.

VIEIRA, E. A. et al. 2018. Sweet cassava cultivars with yellow or cream root pulp developed by participatory breeding. *Crop Breeding and Applied Biotechnology* 18:450-454.



PHYTOSOCIOLOGICAL AND DENDROMETRIC PARAMETERS IN CACAO SHADOWING MANAGEMENT: CONTRIBUTIONS TO THE PRODUCTIVE CONSERVATION OF THE CABRUCO AGROFORESTRY SYSTEM

Érico de Sá Petit Lobão¹, Ivone Aparecida Lopes da Silva¹, Dan Érico Lobão²

¹Pau Brasil Foundation. Adami Square, 15 - 1st floor, room 102 - Downtown, Itabuna - BA, 45600-210; ericolobao@hotmail.com.br. ivoninha_agro@hotmail.com. ²Cacao Research Center (CEPEC), km 22, Highway BR 415, 45600-919, Ilhéus, BA, Brazil; ³Department of Biological Sciences, State University of Santa Cruz, km 16, Highway BR 415, 45662-900, Ilhéus, BA, Brazil; lobao.dan@gmail.com

The high percentage of Atlantic Forest remnants in the Cacau region of Bahia is attributed to the cocoa cabruca agroforestry system, which is still in financial crisis, jeopardizing the conserved ecosystem assets and services. The recovery of cacao farming in the south of Bahia is directly related to the management of the cacao tree and the management of its shading is a determining factor. In order to support the management of shading from the point of view of productive conservation, phytosociological and dendrometric parameters were used to evaluate the structure and interferences in the overgrowth, in a 1.4 ha area of cabruca cocoa, on the Bela farm. Cruz, Municipality of Barro Preto, Bahia, Brazil. In the pre-management period, 30 tree species were inventoried, distributed in 20 families, with basal area (AB) of 17.15 m²/ha, commercial volume (Vc) of 128.14 m³/ha, Margalef Index (MDg) equal to 6.33; after thinning and planting (post-management), 49 tree species remained, distributed in 18 families, with AB = 16.09 m²/ha, Vc = 112.05 m³/ha and QM = 1:3.6, DMg = 7.03. The results, based on current legislation, allow us to conclude that the area under study is a Cabruca Agroforestry System that can be legally and technically managed; the interference provided environmental gains (QM_{pre} = 1:3.23 and after selective thinning and planting of trees QM_{post} = 1:3.48) without any loss in species diversity; based on the precepts of productive conservation, there was assertiveness in the proposal to adapt the shading, with an increase in Wealth and Uniformity. The Jentsch Mixing Coefficient (QM), the Margalef (DMg) and Brillouin (HB) indices have adequate characteristics and contribute satisfactorily to decision-making in the management of cabruca cocoa shading.

Key words: Atlantic Forest, native tree, sustainability, cocoa culture.

Parametros fitossociológicos e dendrométricos no manejo do sombreamento do cacau: contribuições à conservação produtiva do sistema agroflorestal cabruca.

O alto percentual de remanescentes de Mata Atlântica na Região Cacaueira da Bahia é atribuído ao sistema agroflorestal cacau cabruca, que ainda hoje está em crise financeira, comprometendo os ativos e serviços ecossistêmicos conservados. A recuperação da cacauicultura sulbaiana está diretamente relacionada ao manejo do cacau e o manejo do seu sombreamento é um fator determinante. Com o objetivo de subsidiar o manejo do sombreamento sob o ponto de vista da conservação produtiva, utilizou-se parâmetros fitossociológicos e dendrométricos para avaliar a estrutura e as interferências no sombreamento, em uma área de cacau cabruca com 1,4 ha, na fazenda Bela Cruz, Município de Barro Preto, Bahia, Brasil. No período pré-manejo foram inventariadas 30 espécies arbóreas distribuídas em 20 famílias, com área basal (AB) de 17,15 m²/ha, volume comercial (Vc) de 128,14 m³/ha, Índice de Margalef (DMg) igual a 6,33; após o desbaste e plantio (pós-manejo), remaneceram 49 espécies arbóreas distribuídas em 18 famílias, com AB = 16,09 m²/ha, Vc = 112,05 m³/ha e QM = 1:3,6, DMg = 7,03. Os resultados, com base na legislação vigente, permitem concluir que a área em estudo é um Sistema Agroflorestal Cabruca plausível de ser legal e tecnicamente manejada; a interferência proporcionou ganhos ambientais (QM_{pré} = 1:3,23 e após o desbaste seletivo e plantio de árvores QM_{pós} = 1:3,48) não acusando perda na diversidade de espécies; com base nos preceitos da conservação produtiva, houve assertividade na proposta de adequação do sombreamento, com aumento da Riqueza e da Uniformidade. O Coeficiente de Mistura de Jentsch (QM), os Índices de Margalef (DMg) e Brillouin (HB) têm característica adequadas e contribuem satisfatoriamente para a tomada de decisão no manejo do sombreamento do cacau cabruca.

Palavras-chave: Mata Atlântica, árvore nativa, sustentabilidade, cultura do cacau.

Introduction

The Southern Region of Bahia, inserted in the Atlantic Forest Biome, harbors a high percentage of remaining species, composing an arboreal genetic heritage of inestimable value (Lobão, 2007). According to Setenta and Lobão (2012), the cabruca agroforestry system, a model for planting cacao (*Theobroma cacao*) developed by the peoples of this region, is seen as a great ally in the conservation of all this ecological heritage.

Cabruca is a low impact environmental cultivation system based on the replacement of the understory elements (intermediate strata) of the native Atlantic forest with a crop of economic interest - the cacao tree; implanted under the protection of remaining trees of the original native forest, discontinuously with the natural vegetation, establishing balanced relationships with the associated natural resources; was conceived in a contextualized geographic space, by the direct relationship between man and nature, which served as the basis for the historical and cultural formation of a “genuine territory”, the Bahia cacao region (Setenta and Lobão, 2012).

The cabruca system valued the agroecological and agroforestry characteristics of cacao farming, consolidating a peculiar strategy of implementing extensive tropical agriculture in southern Bahia, without turning it into a plantation (Lobão et al., 1997). Cabruca cocoa is a production system that allows harmonious coexistence between man and nature and maintains good mesological relationships. This gives the system the ability to adapt to different cultures and different soil and climate conditions (Lobão, 2007).

Management in a multiple-use regime, practiced over the years, on cocoa farms in this region, even if empirically, promoted the effective conservation of existing natural resources, as well as the forest heritage inserted in the agricultural production arrangements practiced.

Increasing cocoa production, productivity and profitability is a necessity and is directly related to cocoa management (Müller and Valle, 2012). Among the management practices, the following can be listed: mowing, application of phytosanitary products, fertilization, liming, product improvement, pruning and flowering of the cacao tree, removal of “brooms”, cloning and adaptation of shading.

It is necessary to adapt the shading, with the main objective of promoting thermal and environmental comfort for the cocoa tree, aiming at increasing production and productivity; however, this intervention must not compromise the environmental and ecosystem products and services provided by cocoa farming.

Theobroma cacao is a shade-tolerant species, but adequate shade levels can result in relatively high photosynthetic rates, favoring its growth and productivity. Lima et al. (2010), affirm that when the availability of mineral nutrients is not limiting, there is a positive correlation between the production of cocoa beans and the light intensity available and consequently the light interception.

Shading in cabruca has the primary function of promoting the thermal and environmental comfort of the crop, therefore, the silvicultural/phytotechnical management of cocoa shade (raising and/or reducing the canopy, thinning the number of trees and planting), is among the practices that should not be overlooked. It is considered that the use of moderate shading contributes to greater ecological stability, providing adequate conditions, including for the reproduction and development of pollinating insects.

In the adequacy of shading, three basic situations can be worked on: (i) heavily shaded areas, where pruning and/or thinning must be carried out to suit them; (ii) unprotected areas, where the top protection system must be re-established (recover); and, (iii) areas where shading individuals need to be eradicated and/or replaced (inadequate species, dead or diseased trees).

Thinning, a classic silvicultural activity is the first stage of the adaptation process and consists of removing trees to adapt protection to the cacao tree. It aims to adjust the density of the tree population in order to reduce competition by increasing luminosity and providing adequate thermal and environmental comfort to the cacao tree. It is recommended that with each thinning operation performed, the area is reassessed in order to avoid excessive interference (CEPLAC, 2009).

Decisions regarding the intensity and selectivity in thinning must take into account the tree biodiversity of the affected site. Empirical knowledge is generally employed. However, the use of phytosociological descriptors based on species richness, abundance and dominance, can provide subsidies for a more technical decision-making.

Based on the principles of Productive Conservation (Setenta and Lobão, 2012), thinning must be carried out in a way that allows for a diversity that provides an environmental gain (Lobão, 2012).

It is noteworthy that the tree component (tree species of different stages of succession, as well as rare and noble species of commercial value) of the cocoa agroforestry system, most of them are remnants of the primary Atlantic Forest. Therefore, interference must be conducted in a way that adds environmental, social and economic value to the system.

Numerous phytosociological descriptors are generally used to compare different areas and/or populations, estimating the importance of the species in the environment by its frequency, abundance and dominance. The minimum species diversity for the cocoa cabruca system is not technically determined; but there are studies demonstrating the richness of plant diversity in the Southern Atlantic Forest in Bahia and in the shading of the cabruca cocoa system (Lobão, 1993; Lobão et al., 1997).

For the formulation of careful management plans, knowledge of the floristic composition and vegetation structure are very important factors. Silva (2013) and highlight the importance of analyzing the vegetation structure, emphasizing that they function as an essential tool for management.

According to Araújo (2006), the 100% forest inventory (census) aims to determine, with a good degree of precision, the floristic composition, density and real stock of wood in the managed area. It also suggests that trees be mapped and classified according to their quality and use, wood stock and seed production, among others.

Based on the interrelationship between production and shade, Müller and Valle (2012) emphasizes the importance of the work to aim at characterizing the structure, species diversity and tree composition in the pre and post-thinning phases of shade trees in the cabruca system.

Materials and Methods

The study was carried out at Bela Cruz farm (UTM WGS 89: Zona 24L - E - 0443808 N - 8366262), municipality of Barro Preto (BA, BR), which makes up the Vale do Almada cocoa agrosystem in the cocoa

region of southern Bahia. The property is part of the Barro Preto Project resulting from the consortium between the Municipality and the Rural Union of Barro Preto, MARS COCOA and CEPLAC.

The Bela Cruz farm has a total area of 11 hectares (ha), of which 09 hectares have an agroforestry system with cocoa cabruca, with an average productivity of 1500 kg ha⁻¹ year; 01 ha with pasture and 01 ha with peach palm (*Bactris gasipae*). In the cabruca cocoa area, 1.4 ha was demarcated for study purposes. The area located in the Salgado River microbasin, which makes up the Cachoeira River macro basin, is bathed by the Jussara stream, formed by three springs (two located within the project area) and three other small perennial streams.

This microregion has a hot and humid climate without a dry season, according to the Köppen classification, it is of type Af; with monthly precipitation above 60 mm, relative humidity above 80% and average temperature around 24°C.

Soils are classified by the Brazilian Soil Classification System (US Soil Taxonomy) with Podzolic (Spodosolo) variation Itabuna Modal, Cepec and Morro Redondo, Latosol (Oxisol) Una and Água Sumida variation and Inceptisol Rio Branco variation.

In the region there are areas with natural vegetation in the initial and medium stages of regeneration (capoeira), as well as areas of humid tropical forests, with primary and secondary characteristics, classified by Veloso et al. (1991) as dense ombrophilous forest, belonging to the neotropical zone. The topography of the region varies from undulating to heavily undulating. The worked area is characterized as wavy.

The study area had the arboreal component of the shading inventoried at 100% (census), where the inclusion factor adopted to measure the trees was the diameter at breast height (DBH) 8 cm, as determined by the Sema-Inema Ordinance 03 /2019.

The André Maurício de Carvalho Herbarium - CEPLAC was used as a reference and the botanical classification system adopted was the Angiosperm Phylogeny Group II (APG II, 2003). Tree management was based on the ethics of productive conservation (Setenta and Lobão, 2012 and the ordinances of the Forestry Decree of Bahia 15.180/2014 and Sema-Inema Decree 03/2019). The cocoa trees, as they are not the object of study, were not inventoried.

The inventoried trees were recorded: species, circumference at breast height (CAP), basal area (AB), commercial height (Hc), total height (Ht), crown branch height (He) and its georeferenced location.

In the analysis of the horizontal structure, the tree species were evaluated by phytosociological indicators of Absolute Frequency (FA) and Relative Frequency (FR), Absolute Density (DA) and Relative Density (DR), Absolute Dominance (DoA) and Relative Value of Dominance (DoR), Importance Value Index (IVI) and Coverage Value Index (ICV), calculated in Microsoft Excel.

The diversity of tree species in the shading of cacao in the study area was recorded by Wealth (number of individuals per species) and by Uniformity (distribution of individuals among the inventoried species). Diversity was estimated based on Shannon Index (H'), Brillouin Index (HB), Pielou Equability (J''), Margalef Index (MDg), Menhinick Index (MDn). To express the floristic composition, the Jentsch Mixing Coefficient (QM), calculated from the analysis of the total number of inventoried individuals, and the Sørensen Similarity

Index (S) were used (Pielou, 1984; Ricklefs, 2001; Lobão, 2007; Lima, Souza and Pederassi, 2016).

Results and Discussion

Decisions regarding the agroforestry management to be adopted in the recovery of the cocoa plantation involve important phytotechnical aspects that are not adherent to the objective of this study. Only the analysis regarding the use of phytosociological and dendrometric descriptors and the effect of interference on cocoa shading will be addressed.

In the forest census of the area (1.4 ha), 136 adult trees were identified, belonging to 30 species, distributed in 20 botanical families, making a total average Density of 97 ind ha⁻¹ (Figure 1).

The estimates of the parameters related to the phytosociology of the area before and after the management intervention are presented in Table 1. The total Basal Area (AB) was estimated at 17.15 m² ha⁻¹. The native tree species with the largest Basal Area (3.6 m² ha⁻¹) was *P. foliolosa* (21%) and *A. heterophyllus*,

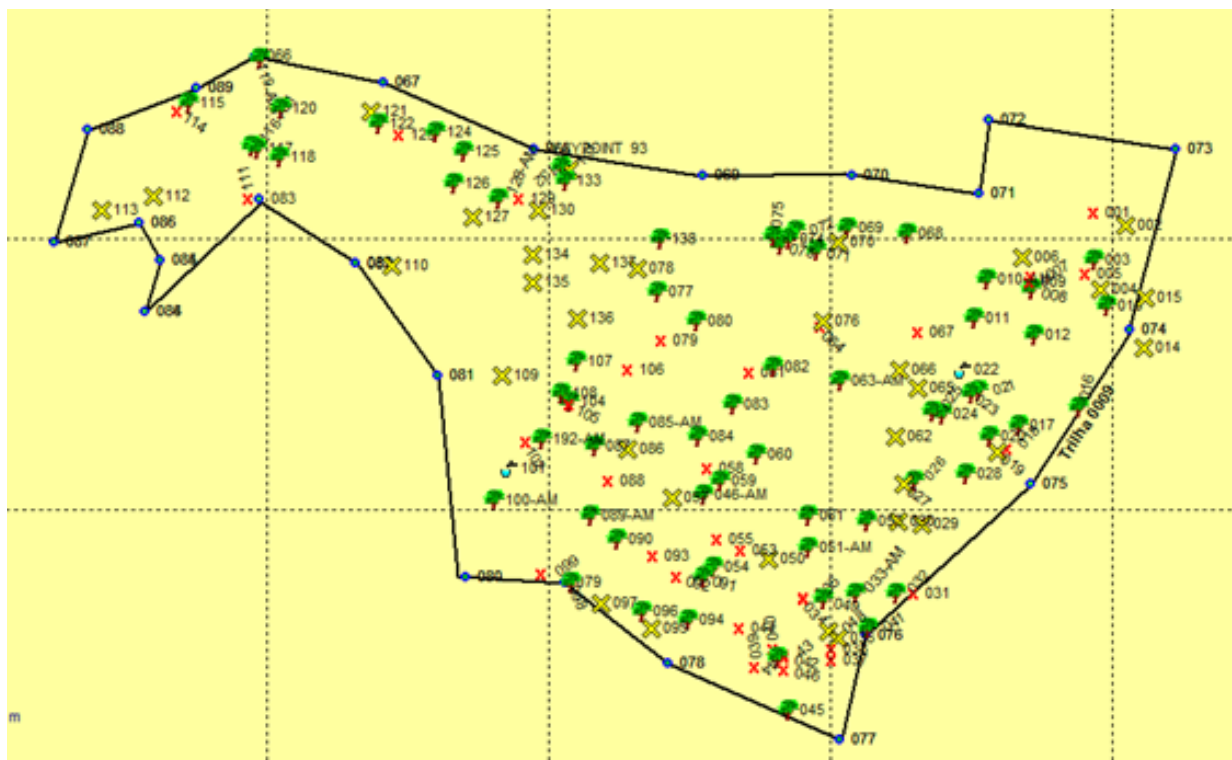


Figure 1 - Bela Cruz Farm, map of the inventoried area (qualification and demonstration unit - UDAQ). Remaining trees without interference (Φ); Remaining trees with pruning interference (pruning and/or canopy reduction) (X); Trees to be thinned (X).

Table 1- Phytosociological descriptors of the trees inventoried in the cabruca of the Bela Cruz farm in Southeastern Bahia

Scientific name	Comum name						Pre-intervention area management						post-intervention area management					
	N	AB	DR	DoR	IVC	IVI	Vc(m ³)	N _r	Vc _d (m ³)	Vc _r (m ³)	IVI _d	IVI _r	AB _d	AB _r				
<i>Aegiphila sellowiana</i>	2	0,151	2,21	0,88	3,09	5,3	1,11	0	1,11	0	4,18	1,11	0,01	0,14				
<i>Aleurites moluccana</i>	1	0,017	0,74	0,1	6,58	1,54	0,13	0	0,13	0	1,41	0,13	0	0,01				
<i>Annona silvestres</i>	2	0,066	2,21	0,38	2,59	4,8	0,43	2	0	0,43	4,8	0	0	0,07				
<i>Apeiba tibourbou</i>	1	0,192	1,43	1,12	2,59	4,06	1,07	1	0	1,07	4,06	0	0	0,19				
<i>Arthocarpus heterophyllus</i>	21	3,227	22,09	18,81	40,9	62,99	19,61	12	7,98	11,63	55,01	7,98	0,06	3,16				
<i>Bauhiniaficus conervis</i>	1	0,035	1,47	0,2	1,67	3,15	0,26	1	0	0,26	3,15	0	0	0,03				
<i>Bertholletia excelsa</i>	1	0,014	0,74	0,08	0,82	1,56	0,13	1	0	0,13	1,56	0	0	0,01				
<i>Cedrela odorata</i>	11	2,176	11,78	12,69	24,47	36,25	16,41	9	0,52	15,89	35,73	0,52	0,01	2,17				
<i>Centrobium</i> sp.	1	0,512	0,74	2,98	2,87	3,6	4,25	1	0	4,25	3,6	0	0	0,37				
<i>Cordia trichotoma</i>	4	0,822	3,68	4,79	8,47	12,16	7,82	3	1,14	6,69	11,02	1,14	0,01	0,82				
<i>Croton</i> sp.	4	0,371	4,42	2,16	6,58	11	3,05	1	2,2	0,85	8,79	2,2	0,02	0,36				
<i>Erythrina poeppigiana</i>	1	0,104	0,74	0,6	1,34	2,08	0,71	1	0	0,71	2,08	0	0	0,1				
<i>Ficus</i> sp.	4	2,107	4,42	12,28	16,7	21,12	13,7	4	0	13,7	21,12	0	0	2,11				
<i>Genipa americana</i>	1	0,109	1,47	0,63	2,11	3,58	1,12	1	0	1,12	3,58	0	0	0,11				
<i>Jaracatia</i> sp.	1	0,128	0,74	0,75	1,27	2,01	0,42	1	0	0,42	2,01	0	0	0,09				
<i>Lonchocarpus</i> sp.	7	1,384	7,36	8,07	15,43	22,8	8,08	5	1,57	6,52	21,23	1,57	0,02	1,36				
<i>Molinedia</i> sp.	1	0,032	0,74	0,19	0,92	1,66	0,21	1	0	0,21	1,66	0	0	0,03				
<i>Myrciaria cauliflora</i>	1	0,098	1,47	0,57	2,04	3,52	0,42	1	0	0,42	3,52	0	0	0,1				
<i>Nectandra</i> sp.	6	0,642	6,63	3,75	7,4	14,03	5,16	5	0,59	4,58	13,44	0,59	0	0,13				
<i>Persea americana</i>	2	0,179	2,21	1,04	3,25	5,46	0,71	2	0	0,71	5,46	0	0	0,18				
<i>Plathymenia foliolosa</i>	9	3,602	9,57	21	30,57	40,14	35,41	9	0	35,41	40,14	0	0	3,6				
<i>Pouteria</i> sp.	1	0,082	0,74	0,48	1,21	1,95	0,3	1	0	0,3	1,95	0	0	0,08				
<i>Roupala</i> sp.	1	0,024	0,74	0,14	0,88	1,61	0,21	1	0	0,21	1,61	0	0	0,02				
<i>Sparattosperma leucanthum</i>	2	0,31	2,21	1,81	4,02	6,23	2,03	1	0,5	1,53	5,73	0,5	0	0,31				
<i>Spondias venulosa</i>	1	0,063	0,74	0,37	1,1	1,84	0,46	1	0	0,46	1,84	0	0	0,06				
<i>Swartzia macrostachya</i>	3	0,345	2,86	2,01	4,95	7,9	1,85	2	0,23	1,63	7,67	0,23	0	0,34				
<i>Tabebuia serratifolia</i>	4	0,219	3,68	1,27	4,96	8,64	2,06	4	0	2,06	8,64	0	0	0,22				
<i>Trema micrantha</i>	1	0,024	0,74	0,14	0,88	1,61	0,17	0	0,12	0,05	1,49	0,12	0	0,02				
<i>Trichilia pallida</i>	1	0,082	0,74	0,48	1,08	1,81	0,52	1	0	0,52	1,81	0	0	0,06				
Unknown	1	0,041	0,74	0,24	0,98	1,71	0,3	1	0	0,3	1,71	0	0	0,04				
TOTALS	97	17,11	99,3	99,8	201,7	294,4	128,1	74	16,09	112,05	280	16,09	0,13	16,3				

N = número de árvores, AB = área basal, DR = densidade relativa, DoR = dominância relativa, IVC = índice de valor de cobertura; IVI = índice de valor de importância; Vc(m³) = volume comercial; Vc_d(m³) = Vc desbastado; Vc_r(m³) = Vc remanescente após desbaste; IVI_d = desbastado; IVI_r = remanescente pós desbaste; AB_d = desbastado; AB_r = remanescente pós desbaste.

an exotic species, with 3.22 m² ha⁻¹ of total Basal Area, equivalent to 18.78% of the studied area.

The survey made it possible to quantify the number of individuals per species, the species considered abundant (*A. heterophyllum* – DA = 22; *C. odorata* – DA = 12; and *P. foliolosa* – DA = 10) represented 43.5% of DR of all of them; while *Nectandra* sp. (DA = 7) and *Lonchocarpus* sp. (DA = 7) made up DR of 14% of the total. The vast majority of species presented low abundance with DR of 43.7% and 12% of these species presented only one individual in the area. As for the abundance index, *A. heterophyllum*, introduced many years ago and disseminated along with cocoa, confirms that it is ecologically, culturally and socially integrated and adapted (Table 1).

The one with the highest Relative Density (DR) among the species was *A. heterophyllum* (exotic species) with an occurrence of 22.1%, followed by *C. odorata* (11.4%), *P. foliolosa* (9.3%), *Lonchocarpus* sp. (7.1%) and *Nectandra* sp. (6.4%) representing DR of 56.3%. Sambuichi (2002) observed that these species were among the four most abundant in an area of cocoa-cabruca in the municipality of Ilhéus - BA.

This density points to a regional preference for these species, suggesting the intrinsic social and economic value related. They are easily recognized by the rural community and spared from slaughter, demonstrating the importance of qualifying the manager to identify young individuals of species of interest to cocoa farming in order to contribute to the regeneration of other shade species.

Relative dominance (DoR) expresses the physical occupancy rate of a given species in relation to the sampled species. Among those inventoried, those with the

highest representation were *P. foliolosa* (21%), *A. heterophyllum* (18.8%), *C. odorata* (12.6%) and *Ficus* sp. (12.2%). In shading management, this DoR Index helps the manager to prevent species of low interest for productive conservation from dominating, such as *Ficus* sp. which competes aggressively with the cocoa tree. The other three species, *P. foliolosa*, *A. heterophyllum* (18.8%) and *C. odorata* (12.6%) are species of high value interest in the timber market. However, *C. odorata* is considered an endangered species and is therefore legally immune from cutting.

These 4 species presented, respectively, a commercial volume of 35.4 m³, 19.6 m³, 16.4 m³ and 13.7 m³, totaling 85.1 m³ (66.4%) of the total commercial volume (128.14 m³) of the studied area (Table 2).

The values estimated by the Coverage Value Index (IVC) showed that the species with the highest ecological efficiency in terms of horizontal distribution,

Table 2 - Species to be used on the mitigation

Scientific name	Comum name	Family	CI	GECO	Origen
<i>Astronium urundeuva</i>	arocira	Anacardiaceae	BM	SI	Native
<i>Virola bicuhyba</i>	bicuiba-vermelha	Myristicaceae	DR	C	Native
<i>Melanoxilon brauna</i>	brauna	Fabaceae	IC	C	Native
<i>Pradosia glycyphloea</i>	buranhem	Sapotaceae	BS	ST	Native
<i>Astronium</i> sp.*	gonçalo-alves*	Anacardiaceae	NR	ST	Native
<i>Eschweilera ovata</i>	biriba	Lecythidaceae	DM	SI	Native
<i>Dalbergia nigra</i>	jacarandá-da-bahia	Fabaceae	NR	ST	Native
<i>Cariniana legalis</i>	jetiquibá-rosa	Lecythidaceae	NR	C	Native
<i>Euterpe edulis</i>	Jussara	Arecaceae	BM	C	Native
<i>Manilkara elata</i>	maçaranduba	Sapotaceae	DR	C	Native
<i>Paubrasilia echinata</i>	pau-brasil	Fabaceae	IC	C	Native
<i>Tabebuia impetiginosa</i>	pau-d'arco-roxo	Bignoniaceae	NR	C	Native
<i>Copaifera langsdorfii</i>	pau-óleo-copaiba	Fabaceae	BR	C	Native
<i>Aspidosperma discolor</i>	peroba	Apocynaceae	NR	C	Native
<i>Caryocar barbinerve</i>	piqui-amarelo	Caryocaraceae	DM	C	Native
<i>Caryocar edule</i>	piqui-preto	Caryocaraceae	IC	C	Native
<i>Centrolobium robustum</i>	putumuju-gigante	Fabaceae	NR	ST	Native
<i>Lecythis pisonis</i>	sapucaya	Lecythidaceae	DM	C	Native
<i>Bowdichia virgilioides</i>	sucupira-pele-de-sapo	Fabaceae	NR	ST	Native
<i>Plathymenia foliolosa</i>	vinhático	Fabaceae	NV	ST	Native
<i>Virola bicuhyba</i>	bicuiba-vermelha	Myristicaceae	DR	C	Native

Subtitle: * to be confirmed botanically; commercial importance (CI) => NR = noble wood for use in joinery; BR = white wood used in joinery; BM = white wood for use in posts and fences; DR = hard wood used in joinery; BS = white wood for boards (taipá); NV = white wood used in furniture making. Ecological succeeding (GECO) => SI = initial secondary; ST = late secondary; C = Climax.

in terms of relative density and dominance were *P. foliolosa* (30.6%), *Lonchocarpus* sp. (15.4%), *A. heterophyllus* (40.9%), *Ficus* sp. (16.7%) and *C. odorata* (24.4%) belonging to Fabaceae, Moraceae and Meliaceae families, respectively. It can be seen that five of these species with the highest IVC, in the analysis of the horizontal structure of the area, were the same that showed the highest Dominance.

The species that presented the highest Importance Value Index (IVI) were *A. heterophyllus* (63%), *P. foliolosa* (40%), *C. odorata* (36%), *Lonchocarpus* sp. (23%), *Nectrandra* sp. (14%) and *C. trichotoma* (12%). The analysis of Table 1 indicates that, in most cases, the parameter that most contributed to the determination of the importance of a species was the relative density; sometimes, Relative Dominance appeared as the most influential parameter, as in the case of the species *A. heterophyllus*, *P. foliolosa*, *C. odorata*, which present individuals with greater basal area.

Silva (2005) apud Martins (1991) used the IVI among the possibilities to estimate the importance of each species for the phytosociological structure of an area. According to the author, there are some drawbacks in using IVI; almost always due to the use of parameters related to its definition, as it limits the power of information about the area under study, making it possible to obtain identical IVIs in completely different vegetation.

To analyze the proportional abundance of the area, the Shannon Heterogeneity Index (H') was estimated at 2.82 nats ind⁻¹ indicating the number of species that would be expected in the community if all species had the same abundance. This estimated value is lower than those found by Sambuichi (2003) both in new cabucas (3.54 and 4.22) and in older ones (3.31, 3.34 and 3.99). Likewise, Lobão (2007) found 3.29, 3.24 and 3.97 for the Shannon diversity index, which can be considered high, especially as they are distinct areas of entropized secondary fragments. According to Martini and Prado (2010), the higher the H' values, the greater the floristic diversity of the area; they usually range from 1.5 to 3.5 (rarely above 5.0). In the study area with census inventory, the Shannon Index is not the best estimator of richness diversity.

The evenness index (J) or area uniformity was estimated from the H'/H_{max} ratio (maximum

evenness) at 0.83. As in the literature, equability is directly proportional to density and antagonistic to dominance, the closer to 01, the greater the diversity. This value may indicate that there was no dominance of one or a few species in the studied area, if analyzed in isolation. However, Ricklefs (2001) warned that, in both the calculation of H' and J' , the rarest species contribute less than the more common species of greater abundance.

The Brillouin Index (HB) is a descriptor that demonstrates the uniformity in the distribution of the abundance of the species in the studied area, it requires that the community be fully known, so it is rarely used; for this reason, it is the most suitable for inventory in a single plot or in the total area, not requiring statistical tests.

However, the greatest difficulty found in its use is in obtaining the natural logarithm of the factorial of values above 69. At the Bela Cruz farm, the Brillouin value was 3.4, demonstrating the uniformity in the distribution of species abundance in the studied area.

Considering that the study area was inventoried by census (at 100%), a recommended richness index to assess the similarity between areas is the Margalef Index (DMg), which presented a value of 6.3, which means that 6.3 individuals for each species in comparable areas. After carrying out the proposed interferences in the area (thinning and compensatory planting) the estimated DMg was 7.03, showing a gain in floristic richness. The Menhinick index, equivalent to the Margalef Index, is at 3.0 and will change to 2.9 after the interference, indicating the conservation of the original richness.

The Jentsch Mixing Coefficient (QM) showed a ratio of 1:3.23 for the species and or 1:4.85 for families. In the Southeast region of Bahia, the QM of areas with cocoa-cabruca ranged from 1:3 to 1:8 for species and from 1:8 to 1:12 for the botanical family, that is, every 3 to 8 tree individuals there was a new species and between 8 - 12 individuals a new family (Lobão et al., 1997; Lobão, 2001; Lobão et al., 2004).

During the census, according to their location, 14 individuals with potential for reproduction were pre-selected and demarcated, being four *C. odorata* trees (DoR = 12.7%), four *C. trichotoma* (DoR = 4.79%), three *P. foliolosa* (DoR = 21%), two *Nectrandra* sp. (DoR = 0.78%) and one *Centrolobium* sp. (DoR = 2.13).

According to Silva (2009), the choice of species for seed production depends on the interest and purpose of use, whether for personal consumption or for commercialization, whether for forest recovery, commercial planting or other uses. Different areas can be used for seed production, as described in specific legislation for the production of seeds and native forest seedlings, always seeking the genetic diversity of plants of the same species (variability), also taking into account the vigor and phenotypic qualities of the arboreal individual.

The evaluation carried out in the field to promote the environmental suitability and the thermal comfort of the area for the cultivation of cocoa, indicates that of the 136 trees inventoried, 97 were alive; of these, 33 trees of 11 species were selected to be suppressed (thinning), corresponding to 24% of the total number of inventoried trees. There were 14 species classified as exotic and 19 as native, regarding their origin. It should be noted that 49 individuals (30%) were technically classified as devitalized or perishing trees due to their vegetative state (Figure 2).

Daniel (2007) emphasizes that the sociological position of the trees and their vigor are outstanding characteristics of the competition between them and help in the decision of which ones should be thinned and which ones will be favored. The expected result with thinning is to obtain a stand with a stock of quality trees, as Daniel (2007) points out that thinned stands present a greater increase in volume than non-thinned stands, in addition to the remaining individuals presenting with characteristics superior phenotypes.

Thirty-three species from 10 botanical families were indicated for thinning, being the Moraceae family the most important, directly related to the relative dominance of the species *A. heterophyllus*. After thinning, the species *A. heterophyllus*, *C. odorata*, *Ficus* sp., *P. foliolosa* and *Lonchocarpus* sp., represented 12.4 m² of the basal area, equivalent to 76% of the total, with 83.1 m³ of commercial volume. In the intervention, two pioneer species at the end of their life cycle (*T. micrantha* and *A. sellowiana*) of the Ulmaceae and Vernaceae families were eradicated.

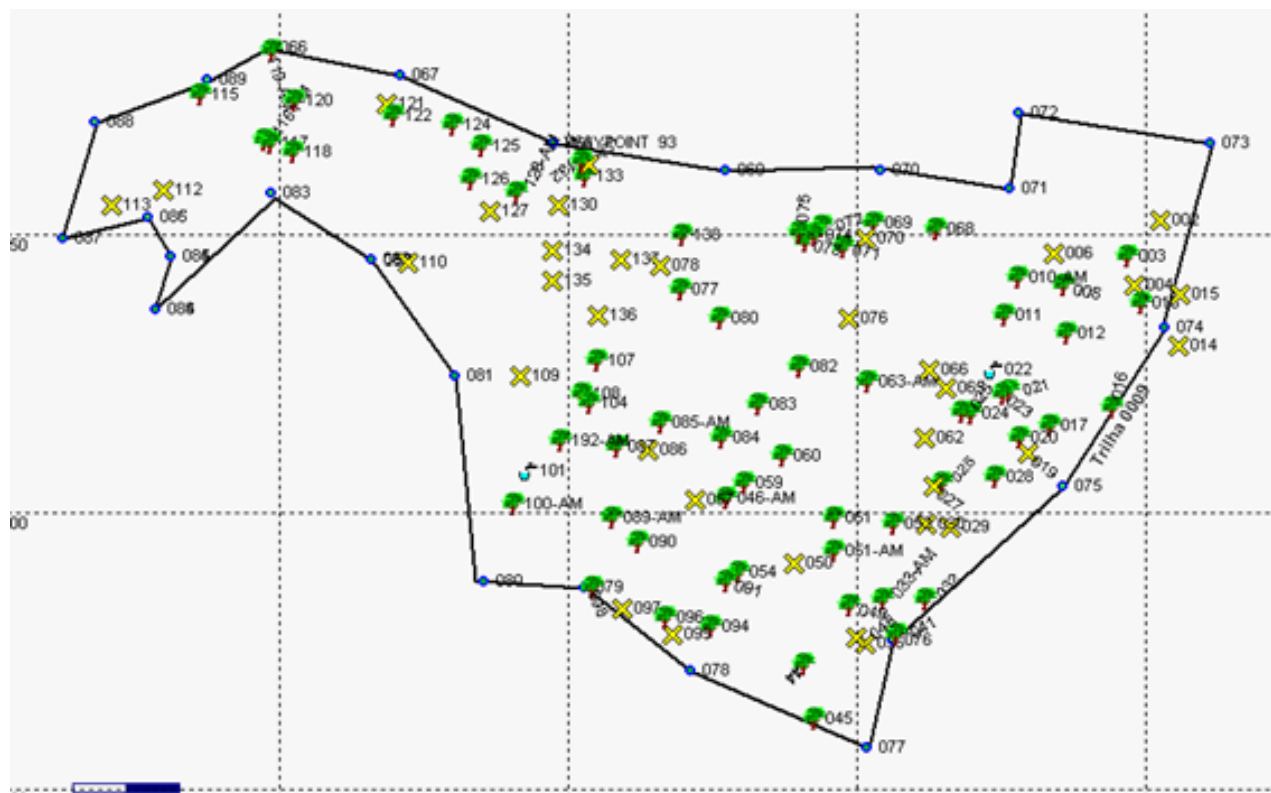


Figure 2 - Map of the inventoried area of Bela Cruz farm, Barro Preto/BA. Area without suppressed tree individuals - (Ⓢ) Remaining trees without interference; (✕) Remaining trees with pruning interference (pruning and/or canopy reduction).

The proposed interventions were the target of compensatory actions, with the planting of 100 tree individuals distributed in 13 species (Table 2), under the guidance of Ceplac and the legislation in force (planting of 3 for each native tree with cut shade, preferably threatened of extinction).

This intervention provided ecological gains, the QM of the area originally with 1:3.23, after a selective thinning of trees of species with higher density, decreased to 1:2.74; and, after reimbursement planting, it evolved to 1:3.48, a value close to that found in the regional Atlantic forest (Lobão, 2007; Silva, 2013). It is possible to observe that at the time of thinning, despite the undeniable negative impact provided by the selective felling of trees, there were gains as recorded by QM after compensation planting.

Conclusion

The results obtained in the management for the adequacy of shading of cabruca cocoa allow us to conclude that:

- The studied area, based on current legislation, is a cabruca agroforestry system that can be technically managed.

- The phytosociological analysis, based on the assumptions of conservation, showed that there was efficiency, effectiveness and environmental assertiveness in the proposal to adapt the shading; and that the thinning and planting of compensation (compensation) promoted environmental gains in diversity (richness and uniformity) of tree species.

- The presence of rare and noble native species in the studied area contributes to the conservation of the genetic and ecological heritage, highlighting the potential of SAF cabruca to conserve ecosystem assets.

- Due to the characteristics of the cocoa cabruca agroforestry system and the legal regulations governing the elaboration of the PTMC (Cabruca Technical Management Project), it is recommended to apply and use the Jentsch Mixing Coefficient (QM), and the Margalef (DMg) and Brillouin (HB), to support the shading management of cabruca cocoa.

Acknowledgments

To the institutions of the Barro Preto Project: MARS, CEPLAC, City Hall and Rural Union of Barro

Preto. To the technical team for implementing and conducting the Barro Preto Project: Alcimar José Santos, Adriano Crispiniano, André Luiz da Silva Bina, Ednaldo Ribeiro Bispo, Guilherme Galvão, João Dantas das Virgens, José Carlos Silva Santana, José Francisco Assunção Neto, Leonardo Celso Costa Cabral, José Raimundo Oliveira Santos, José Edson Rosa Santos, Paulo Campos de Oliveira Santos and Reginaldo Barreto Paim.

Literature Cited

- ARAÚJO, H. J. B. 2006. Inventário florestal a 100% em pequenas áreas sob manejo florestal madeireiro. *Acta Amazônica* (Brasil) 36(4):447-464. ISSN 0044-5967.
- COMISSÃO EXECUTIVA DO PLANO DA LAVOURA CACAUEIRA - CEPLAC. 2009. Adequação do sombreamento do cacauzeiro. Nota Técnica. Ilhéus, BA, DIRET/CEPLAC. 11p.
- DANIEL, O. 2007. Silvicultura. Universidade Federal da Grande Dourados, Faculdade de Ciências Agrárias Dourados – MS.
- LIMA, M. A. O. et al. 2010. Crescimento e plasticidade fenotípica de três espécies arbóreas com uso potencial em sistemas agroflorestais. *Science Forum* (Brasil) 38(87):527-534.
- LIMA, M. S. C. S.; SOUZA, C. A. dos S.; PEDERASSI, J. 2016. Qual Índice de Diversidade Usar? *Cadernos UniFOA* (Volta Redonda) 30:129-138.
- LOBÃO, D. E. et al. 2012. Cacau Cabruca – Sistema Agrossilvicultural Tropical. In: Valle, R. R. (ed.). *Ciência, Tecnologia e Manejo do Cacauzeiro*, CEPLAC/CEPEC/SEFIS. 2º ed. Gráfica e Editora Vital. Itabuna, BA. pp.467-506.
- LOBÃO, D. E. 1993. Emprego do método de quadrantes na análise fitossociológica de um fragmento de Mata Atlântica, no Sudeste da Bahia. *Dissertação de Mestrado*. UFV, Viçosa, MG. 121p.
- LOBÃO, D. E. et al. 1997. Cacau-Cabruca: um modelo sustentável de agricultura tropical. *Indícios Veementes*. FNDPF, São Paulo, SP. Ano III. pp.10-24.

- LOBÃO, D. E. V. P. 2007. Agroecossistema Cacaueiro da Bahia: cacau cabruca e fragmentos florestais na conservação de espécies arbóreas. Tese Doutorado. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Jaboticabal, SP. 98p.
- LOBÃO, D. E.; SETENTA, W. C.; VALLE, R. R. 2004. Sistema Agros-silvicultural Cacaueiro - Lobão, Silva and Lobão Modelo de agricultura sustentável. Revista da Sociedade Brasileira de Agrossilvicultura (SBAG) 1(2):163-173.
- LOBÃO, D. E. 2001. Classificação e seleção de espécies florestais nativas para o sistema agrossilvicultural (SAGS) cacaueiro. CEPLAC/CEPEC/SERAM. Ilhéus, BA. (Datilografado - Documento interno). 20p.
- MARTINI, A. M. Z.; PRADO, P. I. K. L. 2010. Índices de diversidade de espécies. PPGECB, UESC. Disponível em: www.ecologia.ib.usp/let/lib/exe/fetch.php.
- MARTINS, F. R. 1991. Estrutura de uma floresta mesófila. Campinas, SP, Editora da UNICAMP. 246p.
- MÜLLER M. W.; VALLE R. R. M. 2012. Ecofisiologia do cultivo do cacaueiro. In: Valle, R. R. (Ed.). Ciência, tecnologia e manejo do Cacaueiro. CEPLAC/CEPEC/SEFIS. 2 ed. Gráfica e Editora Vital. Itabuna, BA. pp.31-66.
- PIELOU, E. C. 1984. The interpretation of ecological data. New York. Wiley-Interscience. 263p.
- RICKLEFS, E. R. 2001. A Economia da natureza. Rio de Janeiro, RJ, Guanabara Koogan. 503p.
- SAMBUICHI, R. H. R. 2002. Fitossociologia e diversidade de espécies arbóreas em Cabruca (Mata Atlântica raleada sobre plantações de cacau) na região sul da Bahia, Brasil. Acta Botânica Brasilica 16:89-101.
- SAMBUICHI, R. H. R. 2003. Ecologia da vegetação arbórea de cabruca - Mata atlântica raleada utilizada para cultivo de cacau - na região sul da Bahia. Tese Doutorado. UnB, Brasília, DF. 161p.
- SETENTA, W.; LOBÃO, D. E. 2012. Conservação Produtiva: cacau por mais 250 anos por Wallace Setenta e Dan Érico Lobão. Itabuna, BA. 190p.
- SILVA, A. G.; GUEDES-BRUNI, R. R. 2005. Uma abordagem quantitativa para a importância de recursos florais em comunidades vegetais. Natureza online 3(1):3-6. [online] <http://www.naturezaonline.com.br>. Publicado pela ESFA.
- SILVA, L. A. M.; PAIXÃO, J. L.; PEREIRA, C. E. 2009. Marcação e seleção de matrizes e colheita de sementes. In: Sambuichi, R. H. R.; Mielke, M. S.; Pereira, C. E. Nossas Árvores: conservação, uso e manejo de árvores nativas no sul da Bahia. Editus. Ilhéus, BA. pp.125-149.
- SILVA, M. A. S. 2013. Conservação Produtiva: manejo do sombreamento no sistema cabruca, região cacaueira da Bahia. Dissertação Mestrado. IPÊ-Instituto de Pesquisas Ecológicas, Uruçuca, BA. 88p.
- VELOSO, H. P.; RANGEL-FILHO, A. L.; LIMA, J. C. A. 1991. Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal. IBGE, Rio de Janeiro, RJ. 124p. ●

ALTURA DE PASTEJO, CARACTERÍSTICAS DO PASTO E PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTAGENS FORMADAS POR TRÊS CULTIVARES DE *Urochloa humidicola*

José Marques Pereira^{1,2}, Cláudia de Paula Rezende^{1*}, Alberti Ferreira Magalhães¹, Bruno José Rodrigues Alves³, Robert Michael Boddey³

¹CEPLAC/CEPEC - km 22, Rodovia Ilhéus/Itabuna, 45600-970, Ilhéus, Bahia, Brasil. ²Universidade Estadual de Santa Cruz - Rodovia Ilhéus/Itabuna, km 16, Bairro Salobrinho, Ilhéus, Bahia, Brasil. ³Embrapa-Agrobiologia, Rodovia BR-465, km 7 (antiga Rodovia Rio/São Paulo), Bairro Ecologia. Caixa Postal 74.505. 23891-000 - Seropédica - RJ, Brasil

*Autor para correspondência: claudiaprezende@hotmail.com

O experimento foi conduzido na Estação de Zootecnia do Extremo Sul (Essul), pertencente a CEPLAC/MAPA, localizada em Itabela - Bahia, com o objetivo de avaliar a massa de forragem e a produção animal nas cultivares (cvs.) de *Urochloa humidicola*, Tupi, Tully e Llanero, manejadas em lotação contínua, com 15 cm e 25 cm de alturas do dossel. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com três repetições, em esquema fatorial, ficando nas parcelas as cultivares e nas subparcelas as alturas. Na área experimental composta de 18 piquetes de 0,77 ha, utilizou-se novilhas de peso vivo médio de 222 kg ± 22,01 kg, com ajuste da lotação visando manter o dossel nas alturas pré-estabelecidas. As cvs. Tupi e Llanero tiveram a massa seca de forragem total (MSFT) e massa seca de forragem verde (MSFV) semelhantes e superiores a cv. Tully. As ofertas de massa seca de forragem total (OFMSFT) e de massa seca de forragem verde (OFMSFV) não diferiram entre as cultivares e tiveram médias de 5,8% e 3,6%, respectivamente. A altura de 25 cm foi a que propiciou maior, MSFT, MSFV, matéria seca de forragem senescente (MSFS), OFMSFT e OFMSFV. No entanto, o ganho de peso por ha por dia (GPHD) e a taxa de lotação (TL) foram maiores na altura de 15 cm. A análise comparativa da produção entre as cultivares mostrou que independentemente de altura de pastejo a produção por ha foi maior na pastagem da cultivar Llanero.

Palavras-chave: massa de forragem, oferta de forragem, taxa de lotação, ganho de peso animal.

Grazing height, pasture characteristics and animal production in pastures formed by three *Urochloa humidicola* cultivars. The experiment was carried out at Estação de Zootecnia do Extremo Sul (Essul), belonging to CEPLAC/MAPA, located in Itabela - Bahia, with the objective of evaluating forage mass and animal production in cultivars (cvs.) of *Urochloa humidicola*, Tupi, Tully and Llanero, managed in continuous stocking, with 15 cm and 25 cm canopy heights. The experimental design was in randomized blocks with three replications, in a factorial scheme, with the cultivars in the plots and the heights in the subplots. In the experimental area composed of 18 paddocks of 0.77 ha, heifers with an average live weight of 222 kg ± 22.01 kg were used, with stocking adjustment aiming to maintain the canopy at pre-established heights. The cvs. Tupi and Llanero had the total forage dry mass (MSFT) and green forage dry mass (MSFV) similar and superior to cv. Tully. The total forage dry mass (OFMSFT) and green forage dry mass (OFMSFV) offers did not differ between cultivars and averaged 5.8% and 3.6%, respectively. The height of 25 cm was the one that provided the highest, MSFT, MSFV, senescent forage dry matter (MSFS), OFMSFT and OFMSFV. However, weight gain per ha per day (GPHD) and stocking rate (TL) were higher at 15 cm height. The comparative analysis of production between cultivars showed that, regardless of grazing height, production per ha was higher in the pasture of cultivar Llanero.

Key words: forage mass, forage supply, stocking fee, animal weight gain.

Introdução

As forragens são a principal fonte de alimento nos sistemas de produção em regime de pasto, constituindo a forma mais econômica de alimentação para ruminantes. No entanto, o uso eficiente da forragem requer um manejo adequado da pastagem e amplo conhecimento das relações de interface solo, planta, animal e do clima. A adoção desses procedimentos resulta em custo economicamente competitivo de produção animal sem prejudicar a produtividade da pastagem (Januszkiewicz et al., 2019).

A braquiária humidícola, ou quicuío-da-Amazônia, *Urochloa humidicola* (Rendle) Morrone & Zuloaga [Syn. *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweick] é uma espécie forrageira de hábito decumbente, estolonífera, de enraizamento rápido e crescimento vigoroso. A espécie tem apresentado grande expansão no trópico úmido sul-americano, em decorrência de sua alta capacidade de adaptação a solos ácidos e de baixa fertilidade natural. Além disso, essa forrageira tolera solos alagados (Valle et al., 2010).

No mercado nacional, encontram-se disponíveis três cultivares de *U. humidicola*. A cultivar (cv.) Tully, conhecida popularmente como ‘Tully’ e ‘quicuío-da-Amazônia’, de procedência australiana (Keller-Grein, Maass & Hanson, 1996), foi introduzida no Brasil nos anos 70. As plantas dessa cultivar apresentam crescimento prostrado (rastejante), mas seus colmos podem alcançar 90 cm de altura. Esse hábito resulta da produção de dois tipos de rizomas (curtos e compactos; finos e alongados) e de estolões vigorosos, cujos os nós enraízam quando em contato com o solo, possibilitando às plantas expansão horizontal e formação de denso emaranhado. A cv. Llanero foi liberada para uso comercial na Colômbia em 1987, equivocadamente sob a denominação de *Brachiaria llanero* e, como tal, suas sementes foram por algum tempo comercializadas no Brasil. Esse equívoco foi posteriormente identificado (Renvoize, Clayton & Kabuye, 1996) e desde então essa cultivar passou a ser reconhecida como *U. humidicola* cv. Llanero. É também uma planta estolonífera produtora de touceiras eretas que podem alcançar 90 cm de altura, seus estolões são curtos, de coloração púrpura e recobertos por pilosidade curta de cor branca (ICA, 1987). E por último, a mais recente cultivar lançada pela Embrapa

em 2012, denominada cv. BRS Tupi, é uma planta fortemente estolonífera que produz touceiras, rizomas curtos e estolões mais longos que os produzidos por outras cultivares da espécie, das quais se distingue também pela coloração amarela das anteras, enquanto as flores das cultivares Llanero e Tully são roxas. Os estigmas da cv. BRS Tupi são vermelho-escuros, da cv. Llanero são brancos e da cv. comum são de cor roxa a preta (Machado et al., 2013). Sob condições de livre crescimento, a cv. Tupi pode alcançar 75 cm de altura (EMBRAPA, 2012). As cultivares diferem também entre si quanto ao tamanho das sementes. Em um grama há 160 a 210 sementes da cv. Llanero, 220 a 230 da cv. BRS Tupi e 230 a 290 na cv. Tully; esses valores variam em função de ano, local de produção, manejo do campo de produção, além de método e de época de colheita. Ademais, as sementes da cv. Tully são glabras, mas nas outras duas cultivares são pilosas (Souza et al., 2016).

Segundo Zimmer et al. (2008) as cultivares de *U. humidicola*, Tully, Llanero e Tupi apresentam uma boa cobertura de solo, adaptam-se bem a solos de baixa fertilidade e mal drenados, com baixo requerimento de P e Ca, e são também tolerantes a cigarrinha das pastagens. A cv. Tupi tem um estabelecimento mais rápido comparada com as demais, enquanto que na cv. Tully se observa melhor enraizamento dos estolões. Quanto a produtividade e valor nutritivo, Zimmer et al. (2008) afirmam que a cv. Tupi é mais produtiva, enquanto que a cv. Llanero tem melhor valor nutritivo. Em todas as cultivares a ocorrência de dormência nas sementes é prolongada.

Para toda as forrageiras é necessário conhecer os padrões de crescimento sazonal de cada espécie, vislumbrando os efeitos que a intensidade e a frequência da desfolha possam causar à estrutura do dossel e aos componentes morfológicos das plantas a serem disponibilizadas aos animais (Cruz-Hernández et al., 2021). Segundo Sollenberger (2005) a estrutura do pasto é diretamente afetada pelo manejo da pastagem. Existem diferentes métodos de manejo de pastagens baseados em características como altura do pasto, massa de forragem, taxa de lotação e interceptação de luz, entre outras. A oferta de forragem é uma opção interessante, pois é determinada em função das inter-relações entre a massa da forragem e a taxa de lotação, e pode ser uma

ferramenta poderosa para explicar as diferenças no desempenho animal. Estudos com gramíneas tropicais realizados para avaliar os efeitos da oferta de forragem resultaram em uma melhor compreensão da resposta das culturas forrageiras e dos animais à mudança na intensidade de pastejo (Reis et al., 2013).

Assim, o presente estudo tem o objetivo de avaliar o acúmulo de forragem, a oferta de forragem e o ganho de peso de animais manejados em três cultivares de capim *Urochloa humidicola* sob duas alturas de pastejo.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido na Estação de Zootecnia do Extremo Sul (ESSUL), da CEPLAC, localizada no município de Itabela, no Extremo Sul da Bahia, entre as coordenadas 15° 40' 30" e 18° 05' 09" S e 38° 56' 49" e 40° 19' 48" O. O clima da região é de transição entre o clima de floresta tropical (Af) e clima tropical de monções (Am) de acordo com a classificação climática de Köppen (Peel, Finlayson & McMahon, 2007), com precipitação média anual 1.311 mm e temperatura média 25°C. Os dados meteorológicos do período do estudo foram obtidos em uma estação meteorológica localizada a cerca de 1000 m a sudeste da área experimental (Figura 1). O Relevo

desse agrossistema é plano a leve ondulado, com platôs e vales em U. São encontrados solos do tipo Argissolo Amarelo distrocoeso nas áreas planas (platô) e nas encostas de vale o tipo Latossolo Amarelo distrocoeso profundos e de baixa fertilidade (Santana et al., 2002).

O experimento foi instalado em uma área onde já se conduziu uma pesquisa envolvendo as três cultivares objetos do presente estudo. As pastagens da área experimental original foram implantadas em julho de 2008 e o solo apresentava as seguintes características químicas: pH em H₂O = 6,2; Al = 0,1 cmolc/dm³; Ca = 2,6 cmolc/dm³; Mg = 0,4 cmolc/dm³; K = 0,2 cmolc/dm³; P disponível = 2,9 mg/dm³; CTC = 6,8 cmolc/dm³; soma de bases = 3,2 cmolc/dm³; saturação de bases = 47% e matéria orgânica = 1,419 dag/kg. A correção da saturação de bases foi feita com aplicação de 1000 kg de calcário dolomítico e a adubação de formação foi de 50 kg/ha de P₂O₅ e taxa de plantio 12 kg de sementes/ha. As adubações anuais de manutenção foram, de 20 kg de P₂O₅ e 30 kg de K₂O. O pastejo com animais experimentais se iniciou em fevereiro de 2009 e as coletas de dados de produção de forragem e ganho de peso animal se estenderam até 2015. Após essa data a área experimental foi mantida apenas com animais comerciais, sendo então reestruturada para a implantação do presente experimento.

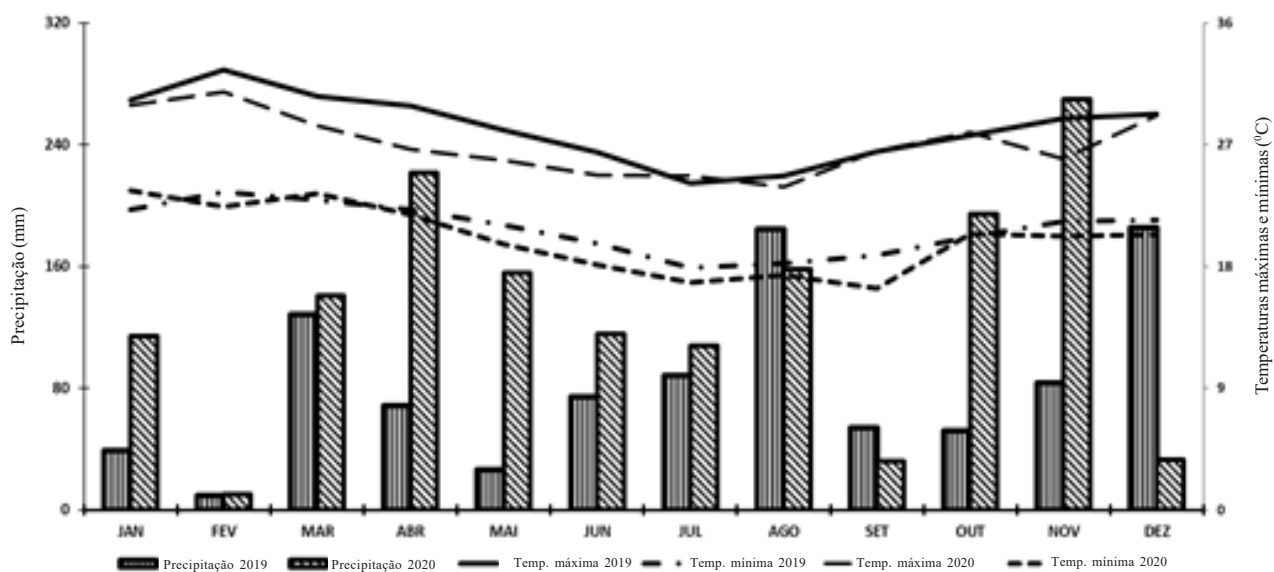


Figura 1- Precipitação e temperaturas máximas e mínimas durante o período experimental.

Em julho de 2018, procedeu-se nova amostragem de solo profundidade de 0 a 20cm e respectiva análise de fertilidade do solo, obtendo-se as seguintes características químicas: pH em H₂O = 6,1; Al = 0,0 cmolc/dm³; Al + H = 2,88 g/dm³; Ca = 2,28 cmolc/dm³; Mg = 0,82 cmolc/dm³; K = 0,35 cmolc/dm³; P disponível = 6,83 mg/dm³; Relação Cálcio/Magnésio = 2,80. Aplicou-se 600 kg/ha de calcário dolomítico em toda a área, e posteriormente uma fertilização na base de 50 kg de P₂O₅/ha; 70 kg de K₂O/ha e 90 kg de N/ha, utilizando a formulação 16:24:16.

A área experimental era formada por nove piquetes de 1,54 ha, três para cada um dos cultivares de *Urochloa humidicola* (Tupi, Tully e Llanero). Os piquetes então foram divididos em dois, ficando 18 piquetes com 0,77 ha de área, possibilitando assim avaliar as pastagens formadas por esses três cultivares sob duas alturas de dossel, 15 cm e 25 cm. Utilizou-se um delineamento experimental em blocos casualizados com três repetições, seguindo um esquema fatorial onde nas parcelas foram alocadas as cultivares e nas subparcelas as duas alturas do dossel. Em meados de março de 2019, após sorteio dos piquetes correspondentes às alturas do dossel em cada uma das gramíneas, foi realizada uma roçagem mecânica para obter as alturas pré-estabelecidas. Em 17 de abril de 2019, iniciou-se o pastejo utilizando-se o método da lotação contínua com taxa de lotação variável, utilizando-se 36 novilhas azebuadas com peso médio de 222 kg ± 22,01, duas por piquete, tomados como animais fixos (animais avaliadores). Para manter as alturas de dossel preconizadas, colocava-se ou retirava-se animais reguladores com as mesmas características dos avaliadores, que permaneciam em área de pastagem próxima. Os ajustes eram baseados nas medições da altura do pasto, feitas a cada duas semanas, utilizando uma régua graduada, com 30 pontos de medição por piquetes, distribuídos aleatoriamente ao longo de dois transeptos ao longo do piquete. Os ajustes para mais ou para menos, se baseavam na faixa de altura de 15 ± 5 e 25 ± 5, respectivamente para as alturas de dorsel de 15 e 25 cm. Os animais eram pesados a cada 28 dias, nas primeiras horas da manhã, após jejum prévio de aproximadamente 14 horas. O ganho de peso diário por animal (GPDA) foi calculado pela diferença de peso dos animais entre pesagens consecutivas dividida por 28 (dias). A taxa de lotação foi calculada pelo peso

médio dos animais avaliadores e dos animais reguladores, considerando o número de dias em que eles permaneceram (animais-dia) no respectivo piquete. Já o ganho de peso por ha por dia foi obtido multiplicando o ganho médio diário dos animais avaliadores pelo número total de animais (avaliadores e testadores) mantidos a cada 28 dias, e o ganho de peso total por ha (GPH), multiplicando pelo período experimental. Todos os animais receberam manejo sanitário, água e mistura mineral completa e à vontade.

Com relação aos atributos da pastagem, além da altura do pasto (APO), foram avaliadas massa seca de forragem total (MSFT), massa seca de forragem verde (MSFV), material de forragem senescente (MSFS), relação folha/colmo (RFC), oferta de massa seca de forragem total (OFMSFT) e oferta de massa seca de forragem verde (OFMSFV). As medições de altura do dossel e amostragem da massa de forragem total (MSFT) foram iniciadas em 13 de março de 2019 e foram precedidas pela entrada dos animais em 17 de abril de 2019. As amostragens de forragem total foram realizadas a cada 56 dias, utilizando um quadrado de ferro de 1 m², lançado aleatoriamente em 20 pontos dentro de cada piquete, portanto uma área amostrada de 20 m² por piquete. A forragem total amostrada era ensacada em sacos de rafia, pré-identificado e levada para sala de amostras, onde era pesada, extraídas duas sub amostras, uma de cerca de 200 g que era colocada em sacos de papel Kraft, identificados, e levada para secagem em estufa de ventilação forçada a 65°C, por um período de 48 horas, para se obter a MSFT, e uma outra amostra de 500 g na qual era feita separação manual, das frações, forragem verde e material senescente e da forragem verde, as frações folha verde e caule, as quais também era submetida a secagem e calculadas MSFV e a MSFS e relação folha/caule (RFA). A OFMSFT e OFMSFV, foram obtidas respectivamente, dividindo a MSFT e MSFV pelo peso vivo animal e multiplicando por 100, dada em % de peso vivo. A duração do experimento foi de 392 dias, foram realizadas 32 medições para estimativa de altura do pasto, 8 amostragens de massa de forragem e 18 pesagens dos animais.

Como ferramenta de auxílio às análises estatísticas, utilizou-se o programa estatístico SAS, versão 2003. As comparações foram realizadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Resultados e Discussão

Pela análise estatística dos resultados obtidos, observou-se que MSFT diferiu entre as cultivares ($p < 0,01$) e alturas do dossel ($p < 0,05$), e também houve interação entre esses dois parâmetros para essa variável ($p < 0,05$). Para a MSFV e APO também foram observadas diferenças significativas entre as cultivares ($p < 0,05$) e as alturas do dossel ($p < 0,05$), não sendo observado significância na interação para essas duas variáveis. Na MSFS, não se observou diferenças entre as cultivares, mas diferiram quanto à altura do dossel ($p < 0,01$) e houve interação entre cultivar e altura do dossel ($p < 0,05$). Não se observaram diferenças entre cultivares para OFMSFV e OFMSFT, mas ocorreu diferença altamente significativa para essas duas variáveis entre alturas do dossel ($p < 0,01$) e somente para OFMSFT observou-se interação entre os tratamentos ($p < 0,05$). Dados com essa mesma tendência foram encontrados na pesquisa de Canchila et al. (2011) quando avaliaram os atributos forrageiros de sete cultivares de *U. humidicola*, dentre eles cobertura do solo, massa seca e produção de forragem.

Em função das interações encontradas entre cultivar e altura do dossel para as variáveis MSFT, MSFS e OFMSFT, realizou-se o desdobramento dessas interações, conforme comparação de médias apresentadas na Tabela 1.

Houve diferença significativa ($p < 0,05$), somente na cv. Llanero, que apresentou diminuição da MSFT com o rebaixamento da altura de pastejo de 25 cm para 15 cm correspondendo a 52,6 % de redução. Não se observou diferença significativa ($p > 0,05$) entre as cultivares estudadas para as médias obtidas para essa variável. Apenas na cultivar Tupi a MSFS aumentou quando a altura do dossel foi de 25 cm ($p < 0,05$), embora essa tendência tenha sido observada para outras duas cultivares.

Os resultados sugerem que maior altura do pasto, induz maior seletividade pelos animais, e como consequência maior acúmulo de material forrageiro senescente. Quanto a OFMSFT, essa oferta aumentou em todas as três cultivares com a elevação da altura do pasto de 15 cm para 25 cm ($p < 0,05$), com acréscimos de respectivamente, 53,8%, 50,3% e 62,0%. Considerando que a OFMSFT, é obtida pela relação

percentual entre massa forrageira total acumulada (MSFT) e o peso vivo da lotação animal, e essa lotação foi ajustada para manter as alturas de dossel propostas, era de se esperar esse resultado, principalmente no caso da cv. Llanero, onde a MSFT aumentou significativamente com a altura do dossel (Tabela 1).

Na Tabela 2, observa-se a comparação das médias entre cultivares relativas a MSFV, MSFS, RFC, APO e OFMSFV e na Tabela 3, a comparação das médias obtidas para essas mesmas variáveis, entre as duas alturas de dossel. Quanto a MSFV, verifica-se que

Tabela 1. Desdobramentos das interações entre cultivar e altura do dossel para massa seca de forragem total (MSFT), massa seca de forragem senescente (MSFS) e oferta de massa seca de forragem total (OFMSFT)

Altura de dossel	Cultivares de <i>U. humidicola</i>			
	Tupi	Tully	Llanero	DMS
MSFT (kg/ha)				
15 cm	1173,4 ^{aa}	977,8 ^{aa}	993,3 ^{ba}	273,0
25 cm	1350,1 ^{aa}	1096,3 ^{aa}	1515,3 ^{aa}	434,0
DMS	334,0	186,0	402,5	
MSFS (kg/ha)				
15 cm	428,8 ^{ba}	376,4 ^{aa}	242,3 ^{aa}	266,0
25 cm	582,0 ^{aa}	397,1 ^{aa}	577,0 ^{aa}	238,0
DMS	203,0	150,3	380,1	
OFMSFT (% /PV)				
15 cm	3,7 ^{ba}	3,7 ^{ba}	3,3 ^{ba}	1,1
25 cm	8,0 ^{aa}	7,5 ^{aa}	8,6 ^{aa}	1,4
DMS	2,2	0,7	0,9	

As médias seguidas de mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Tabela 2. Comparação das médias das duas alturas de pastejo para massa de forragem verde (MSFV), massa de forragem senescente (MSFS), relação folha/colmo (RFC), oferta de matéria seca de forragem verde (OFMSFV) e altura da pastagem observada (APO) em três cultivares de *U. humidicola*

Cultivos	MSFV (kg/ha)	MSFS (kg/ha)	RFC	OFMSFV (%)	APO (cm)
Tupi	774,4 ^a	505,4 ^a	2,8 ^b	3,6 ^a	21,4 ^b
Tully	650,8 ^b	386,7 ^b	1,8 ^c	3,6 ^a	20,3 ^c
Llanero	808,1 ^a	409,5 ^b	4,5 ^a	3,7 ^a	22,5 ^a
DMS	81,6	68,9	0,65	0,29	0,84
CV %	13,8	18,8	11,5	7,5	5,8

As médias com a mesma letra nas colunas não diferem ente si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 3. Comparação das médias para massa de forragem verde (MSFV), massa de forragem senescente (MSFS), relação folha/colmo (RFC), oferta de matéria seca (OFMSFV) e altura da pastagem observada (APO) em duas culturas de pastejo, média das forrageiras

Altura do Dossel (cm)	MSFV (kg/ha)	MSFS (kg/ha)	RFC	OFMSFV (%/ kgPV)	APO (cm)
15	682,8b	347,8b	3,1a	2,3a	19,6b
25	806,1a	518,9a	3,0a	5,0b	23,1a
DMS	199,6	150,3	0,32	2,40	0,40
CV%	13,8	26,8	32,3	11,5	5,8

As médias com a mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

os cultivares Llanero e Tupi não diferiram entre si ($p > 0,05$) e foram superiores ao Tully ($p < 0,05$) (Tabela 2). Na altura de dossel de 25 cm, esse acúmulo de forragem verde foi maior ($p < 0,05$), independentemente das três cultivares (Tabela 3). Já para a MSFS, a cv. Tupi mostrou média superior às outras duas cultivares ($p < 0,05$), portanto com maior tendência ao acúmulo de material senescente (seco) nas condições do presente ensaio. Verificou-se também que independentemente da cultivar, a altura de dossel de 25 cm favoreceu o aumento do material senescente nas pastagens, explicado pela menor taxa de lotação requerida nos ajustes para manter essa altura de pastejo. Com efeito, os cálculos permitem aferir que a relação entre massa verde e a massa seca senescente obtidas nas alturas de 15 cm e 25 cm foram de respectivamente 1,9 e 1,6. A literatura consultada parece corroborar com essa evidência. Cruz-Hernández et al. (2017), verificaram que o maior acúmulo de forragem em função da rotatividade de tecido foliar e de colmos em *U. humidicola* cv. Chetumal, ocorreu à uma altura de pastejo entre 13 a 15 cm, com intervalo de 28 dias, na época das chuvas. Resultados semelhante foram obtidos por Méndez et al. (2020) em *U. humidicola* CIAT 6133, (cv. Llanero), constatando que o maior crescimento foliar líquido ocorreu na altura de 15 cm e a maior taxa de alongamento foliar aos 21 dias de rebrote, independente da época do ano.

Houve efeito significativo ($p < 0,05$) para a relação folha/colmo, observando-se que esse índice foi maior para a cv. Llanero, seguidas em ordem de grandeza pelas cultivares Tupi e Tully, respectivamente. Martins et al. (2013), em Campo Grande (MS), verificaram

que no período das águas a cv. Tupi apresentou maior percentagem de folhas e menor de material morto que a cv Tully (comum), embora a percentagem de colmo não tenha diferido entre as duas cultivares, o que sugere um comportamento semelhante ao encontrado aqui para a RFA, em relação a essas duas cultivares. É reconhecido que essa estrutura de dossel, incluindo a menor taxa de material senescente, é mais favorável ao pastejo dos animais (Paula et al., 2012) atributo esse, no presente estudo maior para a cv. Llanero, seguido da Tupi. Não observou, diferenças significativas ($p > 0,05$) para RFC em relação altura de dossel, obtendo-se média geral de 3 animais. Analisando a OFMSFV na Tabela 2, verificou-se que não houve efeito significativo ($p > 0,05$) de cultivar para essa variável, observando uma oferta média de 3,6% do peso vivo animal (PV). Já o efeito significativo ($p < 0,05$) da altura do dossel sobre essa oferta de massa de forragem verde foi positivamente maior para a altura de 25 cm (Tabela 3), indicando que os ajustes da lotação animal para manter essa altura, tiveram como consequência esse aumento de oferta de forragem verde, em relação à altura de 15 cm.

Verificou-se diferença significativa ($p < 0,05$) entre as alturas de dossel propostas e ajustadas para 15 cm e 25 cm, por meio da variação na taxa de lotação animal e aquelas observadas (APO) pelas medições de campo. Para essas alturas, as médias encontradas foram de, respectivamente, 19,6 cm e 23,1 cm, portanto com uma amplitude de 3,5 cm, bem inferior aos 10 cm previstos. Essa diferença teve flutuações ao longo do ano, explicando por que mesmo com a amplitude média baixa se verificou o efeito de altura de dossel na maioria das variáveis estudadas. Essas alturas observadas foram significativamente diferentes ($p < 0,05$) entre as cultivares estudadas, sendo a cultivar Llanero com maior altura, 22,5 cm, seguidas das cultivares Tupi e Tully, com 21,4 e 20,3 cm, respectivamente (Tabela 2).

Quanto as variáveis relativas à produção animal, houve diferença significativa, tanto para cultivares como para altura de dossel ($p < 0,05$) em relação a ganho de peso diário por animal (GPDA), ganho de peso por hectare (GPH) e para taxa de lotação (TL), mas não ocorreu interação entre esses parâmetros para nenhuma dessas variáveis ($p < 0,05$). Os animais manejados nas cultivares Llanero e Tully apresentaram GPDA semelhantes e maiores ($p < 0,05$) do que a

cultivar Tupi (Tabela 4). Esse ganho de peso foi maior para a altura de 25 cm ($p < 0,05$), onde a oferta forragem verde foi também maior (Tabela 3). Os ganhos de peso diário por animal encontrados foram baixos e inferiores a média de 400 g/animal/dia, para a cv Tully obtidos por Pereira et al. (1992), no entanto, maiores que os obtidos por Martins et al. (2013), em estudo comparativo entre as cvs. Tully e Tupi, que se mostraram semelhantes. Concluíram, baseados nos fundamentos preconizados por Minson (1990), que a principal limitação ao desempenho animal, foi o baixo teor de proteína bruta que esteve em 6%, mesmo no período das águas. Neste estudo, é possível que tenha havido limitação também na oferta de forragem, considerando que se obteve aumento de ganho de peso com o aumento das ofertas de forragem total e forragem verde, respectivamente para 8 % e 5% do peso vivo animal (Tabelas 1 e 3) proporcionado pelo respectivo aumento da altura do dossel para 25 cm (Tabela 3) independentemente da cultivar, onde entre as quais não se observou diferença na oferta de forragem (Tabela 2).

A cultivar Llanero apresentou maior ganho de peso vivo por hectare (GPH) ($p < 0,05$), do que as cultivares Tupi e Tully que não diferiram entre si ($p < 0,05$), com média de 323,7 kg/ha. Essa produção foi um pouco superior a obtida por Martins et al. (2013), para essas duas cultivares que também não diferiram entre si, com um GPH médio de 318 kg/ha/ano. O GPH obtido para a cv Llanero, é resultado do maior ganho por animal e da maior taxa de lotação obtidos e apresenta níveis compatíveis com os 428 kg/ha, encontrados para essa cultivar por Alvarado & Mere (1996) em Pucalpa no Peru. As cvs. Llanero e Tupi não diferiram entre si, quanto a TL e aprestaram uma média de 2,25 UA/ha valor superior ($p < 0,05$) ao obtido para a Tully. No estudo de Martins et al. (2013) a cv Tully teve menor TL que a Tupi, com valores de respectivamente de 2,0 e 1,6 UA/ha, bem próximos aos encontrados aqui para essas duas variedades (Tabela 4). Esse potencial para suportar maior TL observado no Llanero, foi encontrado por Queiroz et al. (2012), em solos de várzea, onde obteve 3,4 UA/ha. A altura de 15 cm propiciou maior GPH ($p < 0,05$), em face da maior taxa de lotação, ajustada para a obtenção dessa altura, embora o GPDA tenha sido menor, em função da redução da oferta de forragem verde, como consequência do próprio aumento da TL (Tabela 5).

Tabela 4. Ganho de peso diário por animal (GPDA), ganho de peso por ha (GPH) e taxa de lotação (TL) em três cultivares de *U. humidicola* independentes das alturas do dossel

Cultivares	GPDA (g/nov./ha)	GPH (kg PV/ha)	TL (UA/ha)
Tupi	310 ^b	321,7 ^b	2,2 ^a
Tully	373 ^a	325,7 ^b	1,7 ^b
Llanero	387 ^a	417,5 ^a	2,3 ^a
DMS	0,03	31,29	0,15
CV (%)	12,5	13,2	10,9

As médias seguidas de mesma letra minúscula nas colunas linhas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 5. Ganho de peso diário por animal (GPDA) em g/nov./dia, ganho de peso por hectare dia (GPH) em kg PV/ha e taxa de lotação (TL) UA/ha em duas alturas de dossel independente das cultivares

Altura do Dossel	GPDA (g/nov./ha)	GPH (kg/ha)	Taxa de Lotação (UA/ha)
15 cm	340 ^b	433,4 ^a	2,5 ^a
25 cm	373 ^a	276,5 ^b	1,6 ^b
DMS	0,01	15,37	0,07
CV (%)	12,5	13,1	10,9

As médias com a mesma letra nas colunas não diferem ente si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Conclusões

As cultivares Llanero e Tupi apresentaram maior acúmulo de forragem verde, mas a Tupi teve maior proporção de material senescente.

A altura de dossel de 25 cm promoveu maior acúmulo de forragem verde, mas maior proporção de material senescente, independentemente da cultivar;

O ganho de peso por animal foi maior na altura de dossel de 25 cm, no entanto, o ganho de peso por hectare, assim como a taxa de lotação, foram maiores à altura de 15 cm.

As cvs. Tully e Llanero se mostraram iguais e foram superiores a cv. Tupi em ganho de peso por animal.

A produção animal por hectare independentemente de altura de pastejo, foi superior para a cv. Llanero.

Literatura Citada

ALVARADO, J. W. V.; MERE, A. F. 1996. Productividad animal de la Asociación *Brachiaria Llanero* Ciat 6133

- *Desmodium ovalifolium* Ciat 350 em Pucallpa. Pasturas tropicales 18(1):13-18.
- CANCHILA, E. R. et al. 2011. Comportamiento agronómico de siete accesiones de *U. humidicola* durante la fase de establecimiento. Pastos y Forrajes 34(2):155-166.
- CRUZ-HERNÁNDEZ, A. C. et al. 2021. Componentes estruturais da pastagem de Chetumal em diferentes manejos de pastejo. Revista Mexicana de Ciencia Agrícolas 11(24):13-22.
- CRUZ-HERNÁNDEZ, A. C. et al. 2017. Componentes del rendimiento y valor nutritivo de *U. humidicola* cv Chetumal a diferentes estrategias de pastoreo. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 8(3):599-610.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA- EMBRAPA. 2012. *U. humidicola*: BRS Tupi. Disponível em: www.embrapa.br/cultivares. Acesso em: 22 junho 2021.
- INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUÁRIO - ICA. 1987. Pasto Llanero. Boletim Técnico nº 151. Bogotá, ICA. 12 p.
- JANUSCKIEWICZ, E. R. et al. 2019. Estrutura do dossel forrageiro e comportamento ingestivo de vacas em pastos tropicais manejados sob diferentes ofertas de forragem. Ciência e Tecnologia Animal e Inspeção de Produtos de Origem Animal. Arq. Bras. Med. Veterinária. Zootecnia 71(06):2009-2016
- KELLER-GREIN, G.; MAASS, B. L.; HANSON, J. 1996. Natural variation in *Brachiaria* and existing germplasm collections. In: Miles, J. W.; Maass, B. L. e Valle, C. B. do (eds.). *Brachiaria: Biology, Agronomy, and Improvement*. Centro Internacional de Agricultura Tropical - CIAT/Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. CIAT Publication 259:16-40.
- MACHADO, L. A. Z. et al. 2013. Identificação e características de forrageiras perenes para consórcio com milho. In: Ceccon, G. Consórcio Milho-Braquiária. Brasília, DF, Embrapa. pp.47-68.
- MARTINS, C. D. M. et al. 2013. Consumo de forragem e desempenho animal em cultivares de *Urochloa Tully* sob lotação contínua. Pesquisa Agropecuária Brasileira 48(10):1402-1409.
- MÉNDEZ, D. M. et al. 2020. Recambio de tejido de hojas en *U. humidicola* CIAT 6133 con diferente manejo de la defoliación. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 11 (nº. spe 24).
- MINSON, D. J. 1990. Forage in ruminant nutrition. San Diego: Academic Press. 483p.
- PAULA, C. C. L. et al. 2012. Estrutura do dossel, consumo e desempenho animal em pastos de capim marandu sob lotação contínua. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia 64(1):169-176.
- PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; McMAHON, T. A. 2007. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. Hydrology and Earth. System Sciences 11:1633-1644.
- PEREIRA, J. M. et al. 1992. Intake and gain of cattle on pastures of *Brachiaria humidicola* alone or with legumes at different stocking rates. Revista Brasileira de Zootecnia 21(1):118-131.
- QUEIROZ, S. D. et al. 2012. Espécies forrageiras para produção de leite em solos de várzea. Revista Brasileira de Zootecnia 41(2):271-280.
- REIS, R. A. et al. 2013. Performance of young nelore bulls grazing Marandu grass pasture at different heights. Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales 1(1):114-115.
- RENVOIZE, S. A.; CLAYTON, W. D.; KABUYE, C. H. S. 1996. Morphology, Taxonomy and Natural Distribution of *Brachiaria* (Trin.) Griseb. In Miles, J. W.; Maass, B. L. e Valle, C. B. do (eds.). *Brachiaria: Biology, Agronomy, and Improvement*. CIAT/EMBRAPA. CIAT Publication 259:1-15.
- SANTANA, S. O. et al. 2002. Solos da região Sudeste da Bahia: Atualização da legenda de acordo com o sistema brasileiro de classificação de solos, Ilhéus, BA, CEPLAC. Rio de Janeiro, EMBRAPA/CNPQ. Boletim de Pesquisas e Desenvolvimento nº 16.
- STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM - SAS. 2003. SAS Release 9.1 for windows, SAS Institute Inc. Cary, NC, USA.
- SOLLENBERGER, L. E. et al. 2005. Reporting forage allowance in grazing experiments. Crop Science 45(3):896-900.
- SOUZA, F. H. D. et al. 2016. Produção comercial de sementes de *Brachiaria* (syn. *Urochloa*) *humidicola* no Brasil. – [Recurso Eletrônico] / Souza, F. H. D.; Verziganassi, J. R.; Peres, R. M.; Coutinho Filho, J. L. V.; Justo, C. L. São Carlos, SP, Embrapa Pecuária Sudeste.
- VALLE, C. B. et al. 2010. Gênero *Brachiaria*. In: Fonseca, D. M. da; Maratuscello, J.A. (eds.). Plantas forrageiras. Viçosa, MG, UFV. pp.30-77.
- ZIMMER, A. H. et al. 2008. Escolha das Forrageiras e Qualidade de Sementes. In: Verziganassi, J. R. (Org.). Formação, Recuperação e Manejo de Pastagens. Campo Grande, MS, Embrapa Gado de Corte. pp.22-47. ●

OCORRÊNCIA DA CROSTA-NEGRA EM SERINGAIS DO SUDESTE DA BAHIA

Adonias de Castro Virgens Filho¹, Ivo Cairo Cabral Júnior², Jaime Honorato Júnior³, José Luís Bezerra⁴

¹Mapa/Ceplac/Cepec - km 22, Rod. Ilhéus/Itabuna, 45600-970, Itabuna, Bahia. adoniascastro@uol.com.br; ²Plantações Michelin da Bahia; ivo-cairo.junior@michelin.com; ³Universidade Federal do Oeste da Bahia; jaime.honorato@ufob.edu.br; ⁴jlulabezerra@hotmail.com.

A heveicultura da Bahia notabiliza-se como uma atividade geradora de trabalho e renda e de importância social e ambiental. O cluster regional da borracha integra a cadeia produtiva com investimentos nos segmentos de insumos, produção primária, agroindústria, indústrias de pneumáticos e artefatos. Nas duas últimas décadas, no sudeste da Bahia vem ocorrendo novas doenças, causando danos econômicos. A exemplo, a crosta-negra (*Phyllachora huberi* P. Henn.), foi disseminada nos seringais, formando um complexo associada a fungos das espécies *Colletotrichum* sp. e *Corynespora cassiicola* (Berk & Curt), provocando epidemias severas, causando redução de até 50 % na produção. Os primeiros sintomas são perceptíveis em folíolos maduros, causando desfolha progressiva e lenta das plantas, reduzindo a área foliar em até 90%, cerca de quatro a seis meses após, quando também ocorre a ação danosa de outras doenças. Entre as alternativas de controle menciona-se o uso de fungicida composto por estrobirulina, azoxistrobina e um triazol, o tebuconazol, na concentração de 0,0125%, sendo necessário o registro junto ao MAPA, visando à extensão de uso deste produto e a definição de tecnologia de aplicação acessível e eficaz, a fim de possibilitar a adoção pelos produtores, inclusive agricultores familiares. A ação do complexo crosta-negra requer a indicação de clones produtivos e resistentes às enfermidades ou clones produtivos que possam ser explorados com manejo integrado, gerando eficácia no benefício/custo. A importância desta doença demanda a realização de pesquisas para conhecer melhor a integração deste fungo no patossistema e definir medidas eficazes de controle integrado.

Palavras-chave: Seringueira, *Hevea brasiliensis*, crosta-negra, doenças, *Phyllachora huberi*.

Occurrence of black crust in rubber plantations in southeastern Bahia. The rubber industry in Bahia stands out as an activity that generates work and income and it is important socially and environmentally. The regional rubber cluster integrates the production chain with investments in the segments of raw materials, primary production, agro-industry, tire and artifact industries. In the last two decades, in the southeast Bahia has occurring new diseases, causing economic damage. For example, the black crust (*Phyllachora huberi* P. Henn.), associated with fungi, such as *Colletotrichum* sp. and *Corynespora cassiicola* (Berk & Curt), causing severe epidemics, and consequently a reduction of up to 50% in production. The first symptoms are noticeable in ripe leaflets, causing progressive and slow defoliation of the plants, reducing leaf area by up to 90%, about four to six months later, when the harmful action of other pests also occurs. Among the control alternatives, the use of a fungicide composed of strobirulin, azoxystrobin and a triazole, tebuconazole, at a concentration of 0.0125% is effective; however, an extension of use, and a definition of an effective and accessible spraying technology are required, in order to enable the adoption by producers, including family farmers. The action of the black crust complex requires the indication of productive clones resistant to diseases or productive clones that can be exploited with integrated management, generating efficacy in the benefit/cost. The importance of this problem suggests conducting research to better understand the integration of this fungus in the pathosystem and to define effective integrated control measures.

Key words: Rubber tree, *Hevea brasiliensis*, black crust, diseases, *Phyllachora huberi*.

Introdução

A heveicultura é uma atividade de importância econômica e social na região sudeste da Bahia, por gerar trabalho e renda nos municípios onde está concentrada. O agronegócio borracha se desenvolveu neste estado através de esforços empreendidos pela iniciativa privada e pelo apoio governamental nas esferas estadual e federal (Virgens Filho, Freitas e Cabral Júnior, 2011). Atualmente, a Bahia é o quarto produtor de borracha natural do país com 13.723 toneladas de borracha seca e possui a segunda maior área em fase de exploração, correspondente a 23.627 hectares (IBGE, 2021).

A Bahia se destaca pela infraestrutura de produção e industrialização da borracha, bem como pela expressiva área em exploração com a seringueira. O estado integra todos os elos da cadeia produtiva com investimentos nos segmentos de insumos, produção primária, agroindústria, indústrias de pneumáticos e artefatos.

A heveicultura baiana, apesar da sua importância para o setor da borracha do país, vem sofrendo com a ocorrência de novas doenças nas duas últimas décadas, o que tem causado danos econômicos para os produtores, comprometendo a sua competitividade. A mais recente praga, a crosta-negra (*Phyllachora huberi* P. Henn.; *Rosenscheldiella heveae* Junqueira & J. L. Bezerra 1990), isoladamente ou em complexos, detectada a partir de 2017, foi disseminada nos seringais de Igrapiúna e Ituberá, onde vem provocando o desfolhamento das plantações em epidemias muito severas, chegando a inviabilizar a exploração de algumas áreas, causando redução da produção, diminuição da renda, êxodo da mão de obra qualificada e restrição da oferta de borracha para a agroindústria.

A importância econômica, social e ambiental deste problema tem motivado a integração da sociedade civil organizada com o setor privado e as esferas públicas municipal, estadual e federal, no sentido de encontrar alternativas de manejo da enfermidade. Este trabalho tem o objetivo de registrar a ocorrência, analisar a situação reportada e fornecer subsídios que contribuam para a adoção de medidas visando ao controle desta grave enfermidade.

Agente etiológico

A crosta-negra foi primeiramente descrita por Jacques Hubber, em 1899, a partir de material

coletado pelo mesmo no estado do Pará, em 1998, sendo o agente etiológico incitado por *Phyllachora huberi* P. Henn (Gasparotto e Pereira, 2012).

Posteriormente, em 1915, este fungo foi reclassificado erroneamente como *Catacauma huberi* (Henn.) Theiss. & Syd, 1915 (Enciclopédia da vida, 2022; Junqueira e Bezerra, 1990). Em período mais recente, os pesquisadores Nilton Junqueira e José Luís Bezerra descreveram o fungo *Rosenscheldiella heveae* associado às crostas formadas por *Phyllachora huberi*, sendo que nas inoculações realizadas em folíolos, ambos os fungos se mostraram patogênicos (Junqueira e Bezerra, 1990).

No estado de São Paulo, Gonçalves et al. (2021) registraram a crosta-negra (*Phyllachora huberi*), associada à presença do fungo *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Sacc, na maioria dos casos.

Na Bahia, na análise de material coletado em folíolos de seringais dos municípios de Ituberá e Igrapiúna, Bezerra (2020) constatou a presença do *Phyllachora huberi* P. Henn. associado à *Colletotrichum* sp. e *Corynespora cassicola* (Berk. & M. A. Curtis) C.T. Wei, 1950, em crostas de diferentes idades, em câmara úmida formada em placas de Petri (Figura 1).

Ocorrência e distribuição da crosta-negra

A crosta-negra é uma doença encontrada no Brasil, Venezuela, Trinidad, Colômbia, Bolívia, Peru e Suriname (Standen, 1952; citado por Gasparotto; Pereira, 2012; Chee & Wastie, 1980). A sua ocorrência no Brasil teve início nos estados amazônicos, sendo verificada no Acre, Amapá, Amazonas, Pará, Rondônia e Mato Grosso, apresentando sintomas em seringais adultos, chamando atenção pelas crostas deixadas nas folhas (Gasparotto e Pereira, 2012). Há registro de

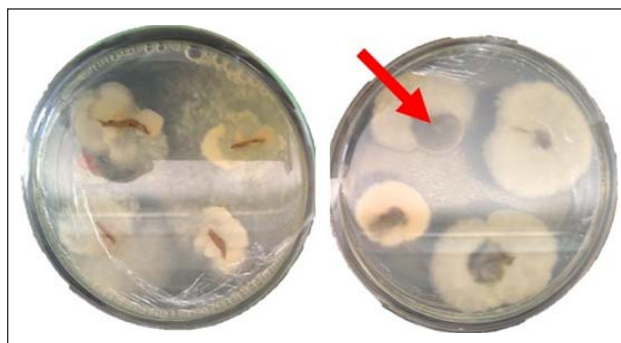


Figura 1. Presença de colônias de *Phyllachora huberi* em associação com *Colletotrichum gloeosporioides* e *Corynespora cassicola*.

que a crosta-negra foi a primeira doença constatada na seringueira no vale amazônico (Furtado, Gasparotto e Pereira, 2016).

Na Amazônia, a presença da crosta-negra era associada à queda normal de folhas, como consequência do processo de senescência; por essa razão, se atribuía pouca importância a esta doença. Furtado, Gasparotto e Pereira (2016) afirmam que os prejuízos causados naquela oportunidade não chegavam a causar preocupação. Com a expansão dos plantios nos anos 1970 e 1980, a enfermidade tornou-se mais frequente, causando lenta e progressiva queda de folhas nos materiais mais suscetíveis, especialmente no clone IAN 717, híbrido de *Hevea brasiliensis* x *Hevea benthamiana*.

No estado de São Paulo, a crosta-negra foi detectada em seringueiras da região de Votuporanga, no ano de 2012 (Stradioto e Furtado, 2012), causando danos em folíolos de seringueiras com dois anos de idade e em plantios adultos. Em seguida foi disseminada para outras áreas, tais como: Palestina, Olímpia, Barretos, Colômbia, Colina, Guaraci, Guaíra, São José do Rio Preto, Paulo de Faria, Tanabi e Bálsamo (Gonçalves et al., 2021).

Na Bahia, a crosta-negra foi constatada a partir de 2017, provocando danos em viveiro e jardim clonal de seringueira no município de Igrapiúna (Honorato Junior e Honorato, 2019). Em seguida, a doença foi disseminada nos seringueiros de Igrapiúna e Ituberá e, mais recentemente, nos municípios das sub-regiões do Baixo sul e Litoral sul, conforme levantamento de campo (Figura 2) realizado pela Agência de Defesa Agropecuária da Bahia (ADAB, 2021).

Visando evitar a dispersão deste complexo fitossanitário para outras regiões do estado e para outros estados, a ADAB publicou uma portaria que dispõe sobre a criação da Comissão Técnica Regional de Prevenção e Controle da Crosta-negra da Seringueira (CN) - CTRPCCN-BA (ADAB, 2022a). Em outra portaria (ADAB, 2022b), a agência estabeleceu critérios e procedimentos para a realização dos levantamentos de detecção da crosta-negra nas regiões produtoras de borracha, visando à delimitação das áreas de seringueira atacadas ou não, a fim de adotar medidas de prevenção e controle.

A ocorrência desta doença é restrita a cultura da seringueira. Na cultura do paricá (*Schizolobium*

amazonicum), no Estado do Pará, Trindade et al. (1999) registraram outra crosta-negra, causada pelo fungo *Phyllachora schizolobiicola* subsp. *Schizolobiicola*.

Descrição dos sintomas e ocorrência no campo

Os primeiros sintomas da crosta-negra são perceptíveis em folíolos maduros, onde se observam infecções de *Phyllachora huberi*, podendo estar associados a *Rosenscheldiella heveae* (Figura 3). O desenvolvimento da doença é lento em folíolos com um mês de idade; com o desenvolvimento dos folíolos, se observam placas circulares negras, constituídas de estromas do fungo na face abaxial (inferior), ocupando a porção internerval, projetando-se para as nervuras secundárias (Figura 4). Em outro tipo de sintoma, se observa o surgimento de áreas cloróticas circundadas por tecidos esverdeados na face adaxial (Figura 5) (Junqueira e Bezerra, 1990; Gasparotto e Pereira, 2012). No estágio final, se observam crostas bem desenvolvidas, chegando a formar figuras estranhas (Figuras 6, 7).

Nos sintomas iniciais, na face abaxial, se observa a presença de manchas circulares escuras, indicando a presença de *Rosenscheldiella heveae* (Figura 8). Nas partes correspondentes a cada crosta, as incrustações estromáticas negras são refletidas na epiderme, apresentando mancha circular clorótica na face adaxial (superior) do limbo foliar. Quando ocorre invasão por outros fungos como o *Colletotrichum* sp. e *Fusarium* sp. surgem áreas necróticas em torno da crosta em ambas as epidermes (Furtado, Gasparotto e Pereira, 2016).

O isolamento de material coletado em folhas infectadas, mostra, muitas vezes, a presença de *Colletotrichum* sp. invadindo rupturas encontradas na epiderme, onde provocam lesões de antracnose em volta das crostas provocadas por *Phyllachora huberi*, podendo também estar associado a estromas de *Phyllachora heveae* (Bezerra, 2020; Gonçalves et al., 2021).

A agressividade dos sintomas da crosta negra demonstra a prevalência desta doença nos danos causados às folhas. Na análise visual, o sintoma de *Colletotrichum* sp. se caracteriza pela presença de manchas circulares alaranjadas na face adaxial que apresentam aspereza com o leve passar da mão, enquanto a crosta-negra se caracteriza pela presença

MAPA DA CROSTA-NEGRA DA BAHIA

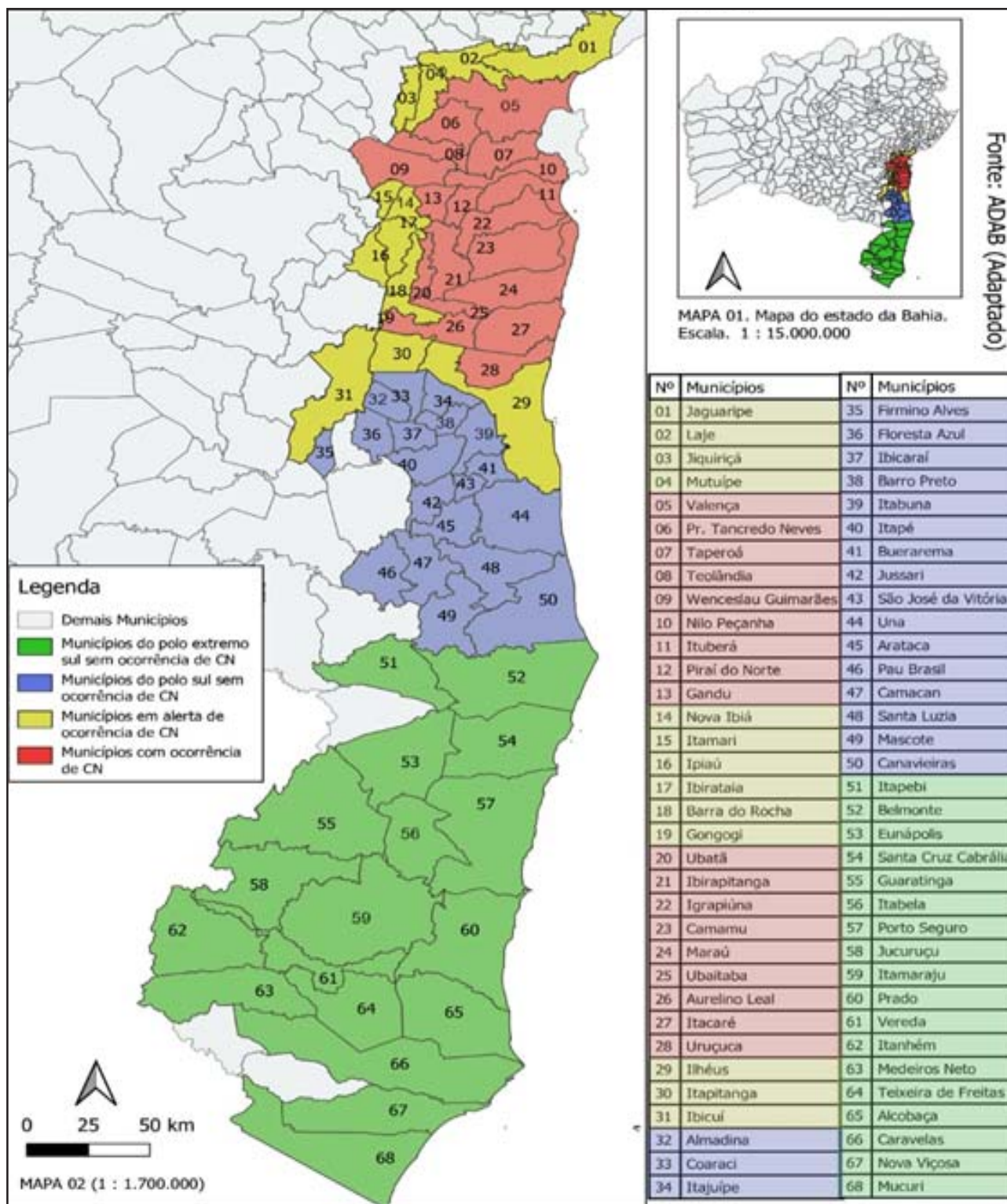


Figura 2. Distribuição geográfica da ocorrência da crosta-negra na Bahia em nov./2021.



Figura 3. Infecções de *P. huberi* e *R. heveae* em folíolos de seringueira.



Figura 4. Placas circulares negras constituídas de estromas na face abaxial.



Figura 5. Áreas cloróticas circundadas por tecido esverdeado na face adaxial.

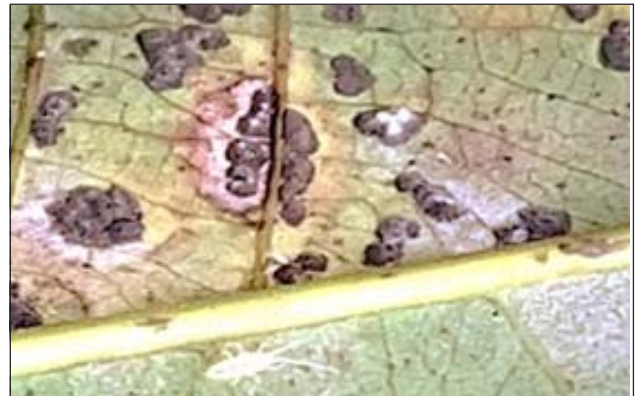


Figura 6. Crostas circulares desenvolvidas (*Phyllachora huberi* P. Henn).



Figura 7. Crostas bem desenvolvidas formando figuras estranhas.



Figura 8. Presença de *Rosenscheldiella heveae* na face abaxial.

de crostas enegrecidas na face abaxial que também são ásperas ao passar a mão.

Sob condições de ataque do complexo crosta-negra, as seringueiras apresentam queda de folhas, reduzindo

o enfolhamento da copa a até 90% (Figura 9). O controle químico pode ser uma alternativa viável, desde que realizado através de tecnologia de aplicação eficaz, alcançando benefício/custo competitivo (Figura 10).



Figura 9. Desfolhamento causado no clone FDR 5788 por ação do complexo crosta-negra.



Figura 10. Enfolhamento do clone FDR 5788 após controle químico da crosta-negra.

De acordo com Cabral Júnior (2022), o clone CMB 75, em experimento de competição de clones em pequena escala (CCPE), instalado na Plantações Michelin da Bahia (PMB), vem se mostrando altamente produtivo e apresenta resistência à crosta-negra (Figuras 11 e 12). Segundo este autor, este material, juntamente com o IAN 6590, SIAL 1005 e Fx 3864, têm potencial para emprego em programas de melhoramento genético.

Clima da área de ocorrência da crosta-negra na Bahia

Até maio de 2021, a área de ocorrência da crosta-negra na Bahia estava localizada nos municípios de Ituberá, Igrapiúna, Piraí do Norte e Presidente Tancredo Neves, todos situados no Baixo sul da Bahia. Posteriormente a doença se espalhou para outros municípios desta sub-região, além de outros do Litoral sul da Bahia. Estas sub-regiões possuem clima quente



Figura 11. Resistência à crosta-negra do clone CMB 75 em fase de desenvolvimento.



Figura 12. Produção do clone CMB 75 sem controle da crosta-negra em CCPE (PMB).

e úmido, sem estação seca definida, caracterizado como do tipo Af, segundo a classificação de Köppen.

O Baixo sul faz parte da "faixa marginal", segundo o zoneamento edafo-climático para ocorrência do *Pseudocercospora ulei* na Bahia (Almeida et al., 1987). Esta faixa se estende do litoral de Valença a Una, com distribuição geográfica de 6.114 km², onde está concentrada a heveicultura tradicional da Bahia, principalmente nos municípios de Ituberá, Igrapiúna, Camamu, Marau, Ilhéus e Una. A área possui alta umidade atmosférica com ocorrência de pelo menos 13 horas por dia com UR superior a 95 %. A temperatura média mensal oscila entre 20 e 26° C com

média anual em torno de 24° C, enquanto a precipitação varia de 1600 a 2400 mm com excedente hídrico de 800 a 1200 mm. As condições são favoráveis ao fluxo de látex, mas muito sujeitas à ocorrência de pragas e doenças.

Danos causados pela doença

A crosta-negra passou a ocorrer na sub-região do Baixo sul da Bahia formando um patossistema que tem provocado danos severos nos seringais, evoluindo desde os estádios fenológicos iniciais até a fase de maturação dos folíolos, que coincide com o início da safra, quando se verifica queda acentuada de folhas, comprometendo a produção de borracha. A sua presença está associada a outros patógenos, mas atribui-se a este fungo uma ação prevalente pela forte agressividade. A crosta-negra causa desfolha lenta e progressiva das plantas e, finalmente, reduz a área foliar em até 90%, cerca de quatro a seis meses após o enfolhamento normal, período em que também se verifica a ação danosa de outras pragas.

A ocorrência de ataques do complexo crosta-negra e dos fungos associados, por anos sucessivos, poderá levar os seringais à morte. Isso é preocupante porque tanto podem ocorrer danos em seringais de idade avançada, como em seringais plantados em anos mais recentes. O paradoxo é que se trata de um problema que pode ser contornado por meio do controle químico, mas com necessidade de aprimoramento da tecnologia de aplicação.

Devido ao ataque da crosta-negra, o seringal passa por duas desfolhas: uma desfolha natural e outra devido à doença, que ocorre no final do período chuvoso em São Paulo, Pará e Mato Grosso, sendo que a produção no estado de São Paulo chega a diminuir entre 15 e 20% (Gonçalves et al., 2021). Na Bahia, especialmente no Baixo sul, após a desfolha natural, a presença do complexo crosta-negra pode ser registrada desde a fase posterior ao enfolhamento natural, quando da maturação dos folíolos, até o final do verão, sendo associada ou não a outros patógenos. Na fase inicial da safra, entre os meses de fevereiro a abril, observa-se mais desfolha, sendo o nível de enfolhamento da copa reduzido acentuadamente, levando muitos seringais a diminuir a produção em até 50 %.

Em que pese a ocorrência da crosta-negra em outras regiões produtoras de borracha do Brasil, não há registro de que as epidemias causaram danos

acentuados, como aqueles observados no Baixo sul da Bahia. Em levantamento realizado em 17 empresas, Virgens Filho et al. (2021) registraram a redução de 38% na produção de borracha entre os anos de 2017 e 2020, sendo isso atribuído, prevalentemente, aos problemas fitossanitários com ênfase para o complexo crosta-negra (Tabela 1).

Tabela 1. Redução da produção de borracha em empresas do Baixo sul da Bahia devido à ação prevalente de problemas fitossanitários, com ênfase para a crosta-negra

Ano	2017	2018	2019	2020
Produção em kg de Coágulo (DRC 60%)	1.484.719	1.336.521	1.214.859	923.326
Índice	100%	90%	82%	62%

Fonte: Icaubor, Ciapra, Cooperverde, Agroindustrial Ituberá Ltda. (2021).

Impacto social e econômico

O estado da Bahia já teve um papel destacado como polo produtor de borracha, mantendo a hegemonia nacional entre os anos de 1988 a 1990. Em 1991, esta posição passou a ser ocupada pelo estado de São Paulo, ficando a Bahia em segundo lugar até o ano de 2018. A partir de 2019, a Bahia assumiu o quarto lugar, seguindo aos estados de São Paulo, Minas Gerais e Goiás (Tabela 2).

A evolução e queda da produção baiana se devem principalmente ao envelhecimento dos seringais, a ausência de políticas públicas visando à modernização da heveicultura e a ocorrência de novas pragas. No contexto do agravamento dos problemas fitossanitários da seringueira, merecem destaque os seguintes: i) evolução da doença antracnose, ampliando o patossistema *Colletotrichum* spp. x *Hevea brasiliensis* com cinco espécies pertencentes a três complexos: *C. gloeosporioides*, *C. acutatum* e *C. boninense* (Santos, 2018); o agravamento dos ataques de requeima observados a partir dos anos 2.000, especialmente no clone PMB 1 e depois em outros materiais; ii) ocorrência do ácaro branco (*Calacarus heveae*) e ácaro vermelho (*Tenuipalpus heveae*), causando danos nos seringais a partir do final dos anos 2000; iii) ataques frequentes de percevejo de renda (*Leptopharsa heveae*), que a partir de 2013 vêm ocorrendo nos seringais (Honorato Junior e Honorato,

Tabela 2. Área colhida, produção, produtividade, receita gerada e ranking dos sete principais estados produtores de borracha do Brasil (IBGE, 2021)

Estados	Ano	Área Colhida Hectare	Produção Ton. Bor. Seca	Produtividade Kg Borracha Seca/ha	Receita Gerada R\$ 1.000,00	Ranking na Produção
São Paulo	2017	68.326	124.819	1827	549.523	1°
	2018	78.810	136.221	1728	516.343	1°
	2019	81.991	145.354	1773	590.689	1°
	2020	81.991	149.636	1825	637.967	1°
Bahia	2017	24.962	14.416	578	50.217	2°
	2018	23.628	14.134	598	47.740	2°
	2019	23.727	14.096	594	60.592	4°
	2020	23.627	13.723	581	56.574	4°
Minas Gerais	2017	9.151	8.132	889	32.859	6°
	2018	12.175	10.568	868	42.085	4°
	2019	13.429	14.441	1075	55.796	2°
	2020	13.429	16.808	1252	73.920	2°
Goiás	2017	7.320	12.443	1700	53.451	3°
	2018	9.043	12.606	1394	43.007	3°
	2019	9.185	14.429	1571	51.182	3°
	2020	9.195	15.581	1695	58.488	3°
Mato Grosso Sul	2017	5.799	8.737	1507	44.229	5°
	2018	5.505	4.094	744	16.149	6°
	2019	5.760	8.365	1452	33.301	6°
	2020	5.760	8.771	1523	38.114	5°
Mato Grosso	2017	17.963	10.749	598	38.454	4°
	2018	14.907	9.713	652	34.010	5°
	2019	14.782	8.633	584	33.085	5°
	2020	14.782	8.619	583	33.300	6°
Espírito Santo	2017	9.034	6.352	703	29.039	7°
	2018	9.818	7.120	725	27.928	7°
	2019	9.949	7.388	743	31.139	7°
	2020	9.949	8.246	829	42.959	7°
Outros	2017	4.611	4.857	1053	18.990	-
	2018	-	5.261	-	69.657	-
	2019	74	4.729	-	81.241	-
	2020	4.531	4238	935	20.381	-
Total	2017	147.166	190.505	1294	816.762	-
	2018	152.326	199.717	1311	749.179	-
	2019	158.897	217.435	1368	876.433	-
	2020	163.264	225.622	1382	961.703	-

2015); iv) recente presença da crosta-negra, doença que vem causando danos severos nos seringais, chegando a inviabilizar a exploração em algumas plantações (Honorato Junior e Honorato, 2019).

A produção baiana segue em declínio (Figura 13) e isso reduzirá a renda do setor (Tabela 2). Esta situação vem ocorrendo desde a seca causada pelo fenômeno

El Niño, nos anos 2015 e 2016, sendo também influenciada pela ocorrência de preços baixos da borracha no período. A situação é preocupante porque a seringueira é uma das principais alternativas à diversificação agroecômica da região sudeste da Bahia e uma das melhores opções para o plantio de sistema agroflorestal com o cacauero.

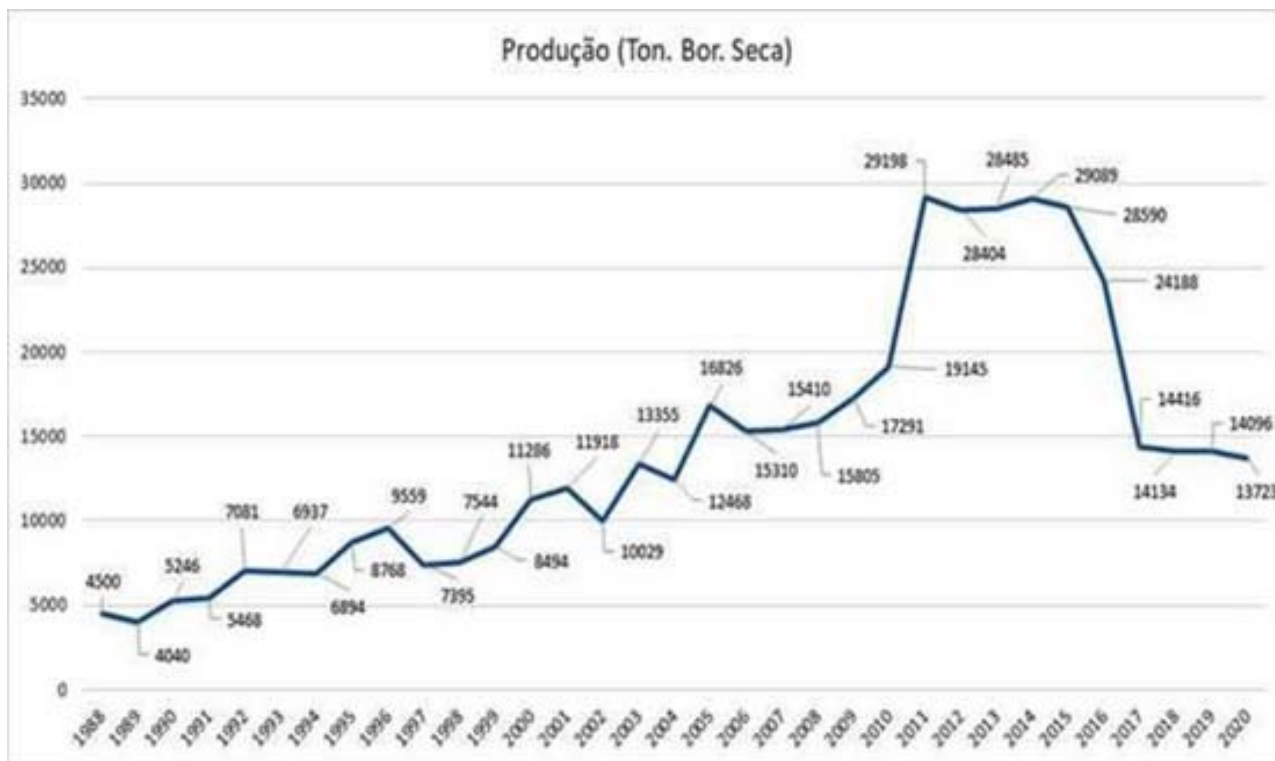


Figura 13. Evolução e declínio da produção baiana de borracha seca em mil toneladas no período 1988 a 2020 (IBGE, 2021).

A realidade vivida hoje no Baixo sul da Bahia preocupa a todos que dependem direta e indiretamente do setor da borracha. O êxodo da mão de obra especializada está provocando a paralisação da sangria, comprometendo a renda dos produtores e a oferta de borracha para a agroindústria. Os seringueiros, preocupados com a redução da produção de borracha e as consequências sobre a sua renda, têm sido presa fácil dos agentes de recrutamento de mão de obra, que passaram a frequentar a região nos últimos meses. Para mitigar o problema, a Secretaria Municipal de Agricultura de Ituberá tem promovido treinamentos para a formação de sangradores, mas este trabalho está sendo inócuo, porque muitos dos trabalhadores treinados são recrutados de imediato, visando ao embarque para outros estados.

Controle químico

De acordo com Trindade et al. (1999), o controle químico da crosta-negra pode ser feito com a aplicação dos fungicidas benomyl (0,075%) e triadimefon (0,025%).

Na Universidade Federal do Oeste da Bahia foram conduzidos experimentos em laboratório, visando avaliar o efeito de fungicidas sobre a germinação de esporos *in vitro*, obtidos por dissecação de estromas de folíolos sintomáticos. Como resultado, se verificou que compostos contendo estrobilurinas e triazóis promoveram controle, impedindo a germinação dos esporos em mais de 90%. Os melhores resultados foram obtidos com azoxistrobina + tebuconazol (5 mL L⁻¹); trifloxistrobina + tebuconazol (5 mL L⁻¹); e piraclostrobina + epoxiconazol (3 mL L⁻¹) (dados não publicados: Jaime Honorato Júnior, informações pessoais).

Em estudos de campo, Cabral Júnior (2020) realizou testes visando ao controle da crosta negra em jardim clonal de seringueira e verificou a eficácia do fungicida composto por uma estrobilurina, azoxistrobirulina e um triazol, o tebuconazol. Este produto foi utilizado em fase de teste na dose de 0,0125% em seringal adulto, através de aplicação com pulverizador a baixo volume, acoplado ao trator, sendo obtido o controle da doença. Contudo, há necessidade de oficializar a extensão de uso para a seringueira por parte do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento.

O patossistema existente nos seringais do sudeste da Bahia é bastante complexo, tornando necessária uma estratégia de controle de baixo custo e reduzido impacto ambiental. Por essa razão recomenda-se a realização de pesquisas visando à indicação de moléculas modernas de amplo espectro, que possibilitem um controle abrangente, alcançando as doenças de importância econômica.

Tecnologia de aplicação de defensivos

Os seringais do Baixo sul da Bahia estão localizados em áreas com relevo suave ondulado a declivoso, sendo difícil a aplicação de defensivos por via aérea ou terrestre. A pulverização aérea com avião é quase impraticável pela necessidade de se dispor de bases de reabastecimento da aeronave (aeródromos), ocorrer perda de produto devido à deriva causada pelo vento e complexidade do voo do avião para a pulverização da copa dos seringais. Na década de 1970, este trabalho era realizado com a colocação de bandeiras para marcação das faixas de aplicação; hoje, isso pode ser realizado com o auxílio do GPS, mas, ainda é uma operação complicada que deve ser substituída por alternativas mais exequíveis. O emprego de helicóptero seria mais apropriado, mas tem custo proibitivo.

A pulverização via terrestre demanda equipamentos apropriados e construção de acessos no interior do seringal, o que onera os custos e apresenta dificuldade para o lançamento da mistura até as folhas das seringueiras, as quais se localizam, em média, à altura de 25 metros do solo. Outro desafio é a necessidade de eleger a tecnologia mais eficaz entre as alternativas existentes: i) pulverização em alto volume (400 L ha^{-1}): tem gasto excessivo de água e exige maior impulso para colocar a mistura no alvo desejado; ii) pulverização em baixo volume (200 L ha^{-1}): tem mais economia do que em alto volume, mas ainda pode ser substituída por alternativas mais eficazes; iii) pulverização em ultra baixo volume (20 L ha^{-1}): é uma opção que tem vantagem sobre as anteriores, mas sofre mais o efeito do vento e carece de equipamentos que atendam à necessidade; iv) pulverização com lançamento de fumaça (*fogging*): é uma opção a ser pesquisada, com o teste de equipamentos que comprovem a eficácia no uso de fungicidas, tendo em vista que o equipamento *dyna fog*, usado na década de 1980, teve seu emprego abandonado em escala

comercial, bem como torna-se necessária à existência de produtos formulados para este tipo de aplicação.

Qualquer que seja a alternativa empregada é preciso que se analise o benefício/custo, a fim de concluir sobre a viabilidade em diferentes condições de produtividade do seringal e preço da borracha.

A opção mais recente e que se constitui em um desafio a ser vencido é o emprego de drones, equipamento que demanda o uso de uma plataforma móvel com elevação de 25 metros, a fim de que o operador maneje o aparelho e que apresente benefício/custo viável para uso comercial, inclusive pelos produtores da agricultura familiar.

Resistência genética

Gasparotto et al. (1993) avaliaram a resistência de clones e seis espécies de seringueira à crosta-negra, usando 24 mudas infectadas naturalmente, devido à dificuldade de se proceder à inoculação artificial. Após seis meses, coletaram folíolos maduros e quantificaram o número de crostas por 10 cm^2 de área foliar. Como resultado, os autores verificaram que plantas oriundas das espécies *Hevea pauciflora* (PA 31 e P 10), *Hevea nitida* e *Hevea guianensis* var. *marginata* não foram afetadas pela doença. Os clones IAN 6486 (híbrido de *H. pauciflora* x *H. brasiliensis*), o F 4512 (*H. benthamiana*) e as espécies *H. camargoana* e *H. spruceana* apresentaram baixo número de crostas e severidade igual ou inferior a 10%. Cumpre refletir que havia baixa pressão de inóculo no ambiente, pelo fato de não existirem grandes áreas com a presença do hospedeiro na região. Contudo, esses resultados são importantes por registrarem materiais com potencial de resistência à crosta-negra.

Em levantamento de campo realizado em áreas comerciais do Baixo sul da Bahia, usando escala de notas para a crosta-negra, adaptada de Silva e Virgens Filho (2015) (Figura 14), foi feita a avaliação preliminar da resistência de 11 clones de seringueira a esta enfermidade, obtendo-se as seguintes informações: i) o clone Fx 985 apresentou desfolhamento superior a 75%, com índice de ocorrência muito forte do complexo crosta-negra; ii) os clones FDR 5788 e CDC 312, plantados em anos mais recentes, e os clones FX 4098 e MDF 180, plantados na década de 1980, apresentaram desfolhamento entre 51 e 75%, o que corresponde a um forte índice de ocorrência, mostrando



Figura 14. Índice de ocorrência de crosta-negra (*Phyllacora huberi* e *Rosenscheldiella heveae*) da seringueira, adaptado de Silva e Virgens Filho (2015).

a necessidade de controle químico da enfermidade; iii) os clones FX 2261, PMB 1, apresentaram desfolhamento entre 26 e 50% com índice médio de ocorrência do complexo crosta-negra; iv) os clones CMB 75, Fx 4163, Fx 3844, Fx 3864, IAN 6590 e SIAL 1005 apresentaram fraco a muito fraco índice de ocorrência com desfolhamento entre 1% e 25%.

Nas avaliações realizadas em experimentos de pequena escala, em seringueis das Plantações Michelin da Bahia, Cabral Júnior (2022) verificou que o clone experimental CMB 75 e os clones comerciais SIAL 1005, IAN 6590 e Fx 3864, oriundos da espécie *Hevea brasiliensis*, apresentaram reação de resistência à crosta-negra (Tabela 3). O CMB 75 é um clone vigoroso, possui produção elevada nos primeiros anos de sangria e resiste às outras pragas. O Fx 3864 é altamente produtivo e chegou a alcançar 2.500 kg de borracha seca $\text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ em plantio comercial da Fazenda Batalha, mas, atualmente, tem se mostrado altamente suscetível ao *Pseudocercospora ulei* nas condições do sudeste da Bahia, fato que inviabiliza a sua recomendação para uso comercial nesta região. O clone IAN 6590, plantado comercialmente na Fazenda Batalha, é um clone que produz até 2.800 kg

de borracha seca $\text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ na sangria ascendente e apresenta tolerância ao *Pseudocercospora ulei*, por antecipar o período de troca de folhas, alcançando a época de menor temperatura; contudo é altamente

Tabela 3. Ocorrência da crosta-negra em levantamento de campo tendo como referência o índice de enfolhamento de clones de seringueira e os sintomas da doença em folíolos (Virgens Filho et al., 2021)

Clone	Índice de ocorrência da crosta-negra	Nº de observações
Fx 985	4,0	3
CDC 312	3,9	5
FDR 5788	3,5	14
Fx 4098	3,5	4
MDF 180	3,0	3
PMB 1	2,5	4
Fx 2261	2,0	9
Fx 3844	1,8	4
Fx 3864	1,6	14
IAN 6590	1,2	1
SIAL 1005	1,1	1
Fx 4163	1,0	1
CMB 75	1,0	1

Fonte: Icaubor, Ciapra, Cooperverde, Agro Industrial Ituberá.

suscetível aos ácaros e, sob condições de ventos fortes é suscetível à quebra pelo vento.

O SIAL 1005 é um clone desenvolvido pelo programa de melhoramento genético da seringueira realizado pela Ceplac, na Estação Experimental Djalma Bahia, em Una, Bahia, o qual apresenta vigor elevado e resistência às principais doenças e pragas. De acordo com Marques (2007) trata-se de um material genético que alcança produções elevadas tanto em casca virgem como em casca regenerada.

Virgens Filho (2021) avaliou O SIAL 1005 nas condições de Pinheiros, Espírito Santo, em experimento que envolveu 192 plantas por tratamento (48 plantas/ parcela e 4 repetições). Os resultados confirmaram que o clone SIAL 1005 é vigoroso, apresenta resistência aos ácaros, percevejo de renda, antracnose e mal-das-folhas; contudo, na avaliação em até sete anos de sangria, este clone apresentou baixo potencial de produção, acumulando 6,13 kg de borracha seca/árvore no período, equivalente a 24% da produção obtida no mesmo período com o clone FDR 5240, o mais produtivo no experimento, e 39% da produção registrada com o clone Fx 3864 em apenas cinco anos de exploração. O autor concluiu que nas condições do norte do Espírito Santo, mesmo que o SIAL 1005 venha a apresentar maior produção nos anos subsequentes, devido ao crescimento do perímetro do tronco e secção de maior número de vasos laticíferos, a sua performance na produção acumulada tende a se manter inferior aos clones mais produtivos. Por sua vez, Cabral Júnior (2022), avaliando o SIAL 1005 numa Competição de Clones de Seringueira em Pequena Escala, nas Plantações Michelin da Bahia, observou que o mesmo apresenta bom comportamento com relação ao vigor e resistência às pragas e doenças, mas obteve produções que variaram de 0,9 a 2,5 kg de borracha seca/árvore/ano, no período de sete anos. Os resultados demonstram que este clone e os demais materiais mencionados se constituem em importante fonte de resistência para uso em programas de melhoramento genético, visando ao controle da crosta-negra.

As informações quanto ao Fx 3864 estão de acordo com Le Guen, Seguin & Mattos (2000) que estudaram a herança da resistência à *Phyllachora huberi* e identificaram 42 clones de diferentes origens com resistência total. Eles localizaram genes de resistência nos cruzamentos envolvendo as seguintes

combinações: PR 255 x Fx 3864; XX x Fx 3864 e GT 1 x Fx 3864.

Frank Rivano, reportado por Le Guen, Seguin & Mattos (2000), verificou que os clones IRCA 519 e RO 38, que apresentaram resistência total à crosta-negra no estado do Mato Grosso, foram suscetíveis em seringais da Guiana Francesa, sugerindo a existência de diferentes raças fisiológicas de *Phyllachora huberi*.

Pesquisas com etiologia e epidemiologia

A fim de conhecer melhor o patossistema associado à crosta-negra e encontrar medidas de controle integrado, estão sendo desenvolvidos trabalhos pela Universidade Estadual de São Paulo (Unesp/Botucatu e, Unesp/Dracena), Universidade Federal do Oeste da Bahia (UFOB), Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA/Colina; APTA/Votuporanga) e Plantações Michelin da Bahia, organizações que vêm realizando intercâmbio de informações, buscando desenvolver trabalhos em cooperação.

Dando ênfase às pesquisas com a crosta-negra e fungos associados, Firmino et al. (2021), vêm conduzindo estudos com o apoio da Fapesp, visando determinar as espécies de *Phyllachora* e *Rosenscheldiella* que prevalecem nas principais regiões produtoras de borracha do estado de São Paulo e caracterizar as populações importantes para a heveicultura nas diversas regiões do país. Este trabalho também dá ênfase à identificação e caracterização de espécies de fungos associados ao complexo crosta-negra. Os isolados serão caracterizados patogenicamente por meio de inoculação em clones de seringueira, visando ao estudo da resistência. Os resultados permitirão melhor compreensão de aspectos etiológicos e epidemiológicos da doença, fornecendo subsídios para o desenvolvimento e adoção de medidas de controle integrado do complexo crosta-negra no Brasil. Em paralelo, estão sendo desenvolvidas pesquisas nesse sentido na parceria entre a UFOB e Plantações Michelin da Bahia, dando ênfase ao complexo crosta-negra nos seringais da Bahia.

Controle Biológico

O controle biológico, juntamente com a resistência genética, se constitui em alternativa mais sustentável

pela possibilidade de reduzir o impacto ao meio ambiente. Este método de controle deve ser testado através do emprego de drone ou tecnologia mais simples, que apresente benefício/custo aceitável, a exemplo da aplicação de produtos biológicos ou químicos no solo.

Estudos realizados por Junqueira e Bezerra (1986) e Junqueira et al. (1986), citados por Junqueira e Bezerra (1990), constataram crostas de *P. huberi* e *P. hevea* parasitadas pelos fungos *Cylindrosporium* sp. e *Dicyma pulvinata*.

Testes de controle biológico da doença vêm sendo realizados por Firmino et al. (2021) na Unesp/Dracena, usando os agentes disponíveis no mercado, além de isolados da microfauna de folhas da seringueira. Pesquisas neste sentido também estão sendo conduzidas na UFOB em parceria com a Plantações Michelin da Bahia.

No sudeste da Bahia e no estado de São Paulo, existem empresas que produzem agentes antagonísticos para o controle de pragas, as quais podem ser incentivadas por Fundações de Amparo à Pesquisa, a produzirem resultados viáveis sob o ponto de vista econômico, social e ambiental.

Neste contexto de epidemias severas de crosta-negra é preciso dar ênfase ao estudo de técnicas de manejo integrado. Em princípio, como estratégia inicial e pontual, deve-se adotar o controle químico em escala regional, a fim de reduzir a fonte de inóculo do fungo. Alcançando este objetivo, haverá condição mais favorável para a aplicação de métodos alternativos de controle, incluindo a resistência genética e o controle biológico.

Considerações Finais

- A crosta-negra está presente em municípios do Baixo sul da Bahia e em alguns municípios do Litoral sul, onde encontrou condições ideais para provocar epidemias severas, reduzindo a produção de borracha em até 50% na safra 2020/2021. Esta doença pode inviabilizar a heveicultura da Bahia, se não ocorrerem ações regionais de controle.

- A doença é causada pelo *Phyllacora huberi*, podendo este fungo ser associado a *Rosenscheldiella heveae*, e contar com a invasão de fungos das espécies *Colletotrichum* sp. e *Corynespora cassiicola*, manifestando sintomas. Também há suspeitas,

baseadas em evidência morfológica de sintomas e sinais, de que exista outro fungo causando a doença.

- A crosta-negra provoca desfolha progressiva e lenta das plantas podendo causar desfolhamento de até 90% da copa, cerca de quatro a seis meses após o refolhamento normal da seringueira, período em que ocorre a ação danosa de outras pragas.

- Como medida de controle da crosta-negra recomenda-se a aplicação de fungicida composto por estrobirulina, azoxistrobina e um triazol, o tebuconazol, na concentração de 0,0125%. Dentro de uma estratégia para manejo da resistência dos fungos a fungicidas, outras moléculas demonstram nível de controle *in vitro*, a saber: trifloxitrobina + tebuconazol e piraclostrobina + epoxiconazol. Estas moléculas devem ser testadas em campo.

- A necessidade de registro deste produto (azoxistrobina + tebuconazol, AZIMUT) para a seringueira torna necessária a adoção de medidas junto às empresas fabricantes e ao Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, visando à sua extensão de uso.

- A ação danosa do complexo crosta-negra requer a indicação de clones produtivos e resistentes às enfermidades ou clones produtivos que possam ser explorados com manejo integrado, gerando eficácia no benefício/custo.

- A severidade da doença e os danos causados nas áreas pioneiras motivou a publicação de portaria pela Agência de Defesa Agropecuária da Bahia, visando à adoção de medidas mitigadoras, a fim de evitar sua disseminação para outros municípios e estados.

- A aplicação de fungicidas requer a definição de tecnologia de aplicação acessível e eficaz, que possibilite a adoção pelos produtores e, em especial, pela agricultura familiar.

- A importância social, econômica e ambiental deste problema sugere a realização de pesquisas no sentido de se conhecer melhor a integração deste fungo no patossistema e definir medidas eficazes de controle químico, biológico e/ou genético.

Literatura Citada

AGÊNCIA ESTADUAL DE DEFESA AGROPECUÁRIA DA BAHIA - ADAB. 2021. Distribuição geográfica da ocorrência da crosta-negra na Bahia em novembro de 2021: mapa da Crosta-negra na Bahia. Salvador, BA, SEAGRI/ADAB. 1p.

- AGÊNCIA ESTADUAL DE DEFESA AGROPECUÁRIA DA BAHIA - ADAB. 2022a. Portaria N° 014 de 22 de fevereiro de 2022: cria a Comissão Técnica Regional de Prevenção e Controle da Crosta-negra. Salvador, BA, SEAGRI/ADAB, CVI, n. 23.362. 1p.
- AGÊNCIA ESTADUAL DE DEFESA AGROPECUÁRIA DA BAHIA - ADAB. 2022b. Portaria N° 015 de 22 de fevereiro de 2022: estabelece critérios e procedimentos para a realização dos levantamentos de detecção da crosta-negra no cultivo da seringueira e adoção de medidas de prevenção e controle. Salvador, BA, SEAGRI/ADAB, CVI, n. 23.362. 1p.
- ALMEIDA, H. A.; SANTANA, S. O.; SÁ, D. F. 1987. Zoneamento edafo-climático para a seringueira no Sudeste da Bahia com enfoque na incidência do mal-das-folhas. Revista Theobroma (Brasil) 17(2):111-123.
- BEZERRA, J. L. 2020. Identificação de *Phyllachora huberi* P. Henn em associação com *Colletotrichum* sp. e *Corynespora cassicola* (Berk & Curt) em folhas de seringueira contendo crostas em diferentes idades em câmara úmida formada em placas de Petri. Ilhéus, BA, Ceplac. 6p.
- CABRAL JÚNIOR, I. C. 2020. Seleção de fungicidas visando ao controle da crosta-negra em jardim clonal de seringueira. Igrapiúna: Plantações Michelin da Bahia. Relatório. 8p.
- CABRAL JÚNIOR, I. C. 2022. Avaliação de clones de seringueira em campo de competição em pequena escala. Igrapiúna: Plantações Michelin da Bahia. Relatório. 25p.
- CHEE, K. H.; WASTIE, R. L. 1980. The status and future prospects of rubber in tropical America. Review of Plant Pathology 59(12):541-548.
- ENCICLOPÉDIA DA VIDA. 2022. Nomes científicos. Disponível em: "[https://eol.org/pt-BR/Enciclopédia da Vida \(eol.org\).>](https://eol.org/pt-BR/Enciclopédia da Vida (eol.org).>) Acesso em: 27 de abril, 2022.
- FIRMINO, A. C. et al. 2021. Crosta negra em seringueira: agente causal, influência ambiental na pré-penetração em diferentes clones seringueira, seleção de clones resistentes e controle biológico em clones suscetíveis. Dracena: Unesp. Pesquisa em Andamento. 1p. (Resumo). Disponível em: <http://Auxílio à pesquisa 20/11518-4 - Manejo, Identificação - BV FAPESP. Acesso em: 30.11.2021.>
- FURTADO, E. L.; GASPAROTTO, L.; PEREIRA, J. C. R. 2016. Doenças da Seringueira. In: Amorim, L. et al. Manual de Fitopatologia. 5.ed., São Paulo, SP. Ceres 2:359-372.
- GASPAROTTO, L.; PEREIRA, J. C. R. 2012. (eds.) In: Doenças da seringueira no Brasil. Cap. 3, Doenças das folhas. 2.ed. Brasília, DF, Embrapa. pp.39-176.
- GASPAROTTO, L.; LIMA, M. I. P. M.; ARAÚJO, J. C. A.; SANTOS, A. F. dos. 1993. Avaliação da resistência de clones e espécies de seringueira a crosta negra (*Phyllachora huberi*). Revista Fitopatologia Brasileira (Supl.)18:298.
- GONÇALVES, E. C. P. et al. 2021. Ocorrência de crosta-negra na cultura da seringueira no estado de São Paulo. Multiplicidade da Ciências Agrárias 1:21-26.
- GONÇALVES, E. C. P.; GOES, A. 2017. Ocorrência de crosta negra na cultura da seringueira no estado de São Paulo. In: Congresso Brasileiro de Fitopatologia, 50. Uberlândia, MG.
- HONORATO JÚNIOR, J.; HONORATO, S. C. 2015. Sistema agroflorestal seringueira x cacauero no baixo sul da Bahia: cenário econômico e pragas. In: Congresso Brasileiro de Heveicultura, 4. São José do Rio Preto, SP. 4p.
- HONORATO JÚNIOR, J.; HONORATO, S. C. 2019. O Percevejo de renda em seringueiras no Baixo sul da Bahia: seis anos depois. In: Congresso Brasileiro de Heveicultura, 6. Belo Horizonte, MG. 4p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE. 2021. PAM: Dados estatísticos da borracha no Brasil. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>. Acesso em: 26.09.2021.
- JUNQUEIRA, N. T.; BEZERRA, J. L. 1990. Nova doença foliar em seringueira (*Hevea* spp.) causada por *Rosenscheldiella hevea* n. sp. (Loculoascomycetes, Dothideales, Stigmataceae). Fitopatologia Brasileira 15(1):24-28.
- JUNQUEIRA, N. T.; BEZERRA, J. L. 1986. Ocorrência e controle de nova doença fúngica em seringais de cultivo no estado do Amazonas. Manaus: Embrapa-CNPDS. Comunicado Técnico Embrapa-CNPDS, 54. 3p.
- LE GUEN, V.; SEGUIN, M.; MATTOS, C. R. R. 2000. Qualitative resistance of *Hevea* to *Phyllachora huberi* P. Henn. Euphytica 112:211-217.
- MARQUES, J. R. B. 2007. SIAL 1005, um clone de seringueira com dupla aptidão. Recomendação Técnica n° 4. Ilhéus, BA, Ceplac. 1p.
- SANTOS, T. R. 2018. Diversidade de fungos no ambiente de seringais no sudeste da Bahia e resistência de genótipos de seringueira à antracnose foliar. Tese Doutorado. Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, Bahia. 133p.
- SILVA, T. C. da; VIRGENS FILHO, A. de C. 2015. Resistência de clones de seringueira (*Hevea brasiliensis* Muell Arg.) às doenças foliares nas condições de Pinheiros, Espírito Santo. In: Congresso Brasileiro de Heveicultura, 4. São José do Rio Preto, SP. 4p.
- STRADIOTO, M. F.; FURTADO, E. L. 2012. Primeira ocorrência de Crosta Negra no Estado de São Paulo. In: Congresso Brasileiro de Heveicultura, 3. Guarapari-ES.
- TRINDADE, D. R. et al. 1999. Crosta negra causada por *Phyllachora schizolobiicola* subsp. *schizolobiicola* em paricá, no Estado do Pará. Comunicado Técnico. Belém, PA, EMBRAPA/CPATU. 2p.
- VIRGENS FILHO, A. C. et al. 2021. Ocorrência da Crosta-negra em seringais do Baixo sul da Bahia. In: Congresso Brasileiro de Heveicultura, 4. Piracicaba, SP, Cedagro. 1p.
- VIRGENS FILHO, A. C. 2021. Comportamento de Clones de Seringueira nas condições edafo-climáticas do Espírito Santo e Bahia. Ilhéus, BA, Ceplac. 44p.
- VIRGENS FILHO, A. C.; FREITAS, E. S.; CABRAL JUNIOR, I. C. 2011. Programa de Desenvolvimento do Setor da Borracha Natural no Estado da Bahia. Salvador, Bahia. 72p. ●

QUALIDADE DE PULVERIZAÇÃO HIDROPNEUMÁTICA NA CULTURA DA MACADÂMIA

*Luis Felipe Oliveira Ribeiro e Edney Leandro da Vitória**

Departamento de Ciências Agrárias e Biológicas, Universidade Federal do Espírito Santo (DCAB/UFES), Campus São Mateus. Rod. BR 101, km 61 B. Litorâneo, 29932-540, São Mateus-ES.

*Autor para correspondência: edney.vitoria@ufes.br

O presente trabalho visa avaliar a qualidade de pulverização com diferentes volumes de calda aplicada por um pulverizador hidropneumático sobre as características da pulverização em folhas da noqueira macadâmia. A área experimental utilizada foi em lavoura comercial de macadâmia das variedades 'Haes 344' e 'Haes 660' no município de São Mateus - ES. Foram avaliados quatro volumes de calda (419, 481, 535 e 582 L ha⁻¹) e o depósito, cobertura e espectro de gotas nos terços inferiores, médio e superior da planta. A utilização do volume de calda de 535 L ha⁻¹ mostrou-se mais eficiente, com valores superiores aos demais avaliados tanto no terço superior para deposição quanto no terço médio para cobertura. Portanto, diante das condições avaliadas, para o controle de pragas e doenças almejando uma boa qualidade de pulverização, indica-se a utilização do volume de calda de 535 L ha⁻¹, as maiores médias de DMV para terço inferior, terço médio e terço superior foram com 535 L ha⁻¹ de calda de pulverização, os valores entre 1,04 a 3,85 para o CH indicam que o tamanho de gotas produzido é homogêneo, estando nas condições aceitáveis para aplicação.

Palavras-chave: tecnologia de aplicação, deposição de gotas, cobertura, *Macadamia integrifolia* Maiden e Betche.

Quality of hydropneumatic spraying in macadamia nut. This study aimed to evaluate the effect of different volumes of solution applied by airblast spraying on the characteristics of macadamia leaves. The experimental area was used in commercial farming macadamia varieties 'Haes 344' and '660 Haes' in São Mateus - ES. They evaluate four spray volumes (419, 481, 535 and 582 L ha⁻¹) and the deposit and coverage in the lower, middle and upper plant. The use of spray volume 535 L ha⁻¹ was more efficient, with higher values than the other evaluated both the upper third deposition as the middle third for coverage. Therefore, given the evaluated conditions for the control of pests and diseases aiming a good quality spray, indicates the use of the spray volume of 535 L ha⁻¹, the highest average DMV to lower third, middle third and upper third were with 535 L ha⁻¹ of spray solution, values between 1.04 to 3.85 for the CH indicate that the size of droplets produced is homogeneous, with in acceptable conditions for application.

Key words: Application technology, drops deposition, cover, *Macadamia integrifolia* Maiden and Betche.

Introdução

A noqueira macadâmia (*Macadamia integrifolia* Maiden e Betche) é uma planta originária da Austrália da família *Proteaceae*, nativa das florestas tropicais costeiras do sul dos estados de Queensland e Nova Gales do Sul, porém, desenvolve-se melhor em regiões de clima subtropical. É a única planta australiana cultivada comercialmente para produção de alimentos e sua semente é considerada por muitos a mais saborosa noz do mundo (Sacramento e Pereira, 2003; Perdoná et al., 2014).

No Brasil, as primeiras plantas da noqueira macadâmia foram introduzidas em meados de 1940, porém a sua expansão ocorreu somente na década de 1990, em que os produtores viram grande interesse econômico em cultivar a planta (Sobierajski et al., 2006). Sendo assim, a noz-macadâmia tem grande potencial de mercado, mas ainda é pouco explorada no Brasil (Schneider et al., 2012). O Brasil, tem uma área de cerca de 6.500 hectares cultivados com macadâmia, sendo o sétimo produtor mundial da noz, representando sete por cento da produção mundial (Piza e Moriya, 2014), tendo a produção concentrada nos Estados de São Paulo (33 %), Espírito Santo (31 %), Bahia (18 %) e Rio de Janeiro (10 %) (Perdoná et al., 2014).

Por se tratar de uma cultura recente no país, são escassos os estudos sobre o controle fitossanitário da noqueira macadâmia. Sendo assim, a planta é suscetível ao ataque de pragas como, o percevejo verde (*Nezera Veridula*), broca-da-Noz (*Hypothenemus obscurus*) e broca da amêndoa (*Cryptophlebia illepidata*) (Furlaneto, 2002), e doenças como, antracnose, causada pelo fungo *Colletotrichum gloeosporioides*, podridão radicular, causada principalmente pelo fungo *Phytophthora cinnamomi*, seca de flores, originada pelo fungo *Botrytis cinerea*, mancha do fruto, causada pelo fungo *Pseudocercospora macadamiae* (Fischer, Perdoná e Cruz, 2014). Torna-se imprescindível a adoção de um sistema de proteção sobre a cultura, que seja eficiente para manter o controle fitossanitário na lavoura (Meng et al., 2020).

É fato que em condições ambientais adequadas, são favoráveis todos os cultivos de culturas, assim acontece na cultura da macadâmia em ambiente tropical, entretanto à ocorrência de pragas e doenças

ao longo do ciclo produtivo da cultura (Mottes et al., 2017). Em condições tropicais, a maioria dos agricultores usa uma grande diversidade de pesticidas, muitas vezes em alta dosagem e frequência para controlar pragas e garantir altos rendimentos das colheitas (Lewis et al., 2016), o que pode acarretar sérios problemas potenciais relacionados aos impactos ambientais e à saúde humana (Lesueur et al., 2016).

Com o objetivo de promover uma alta eficiência de pulverização na lavoura, fatores como, dosagem ideal, volume e deposição de calda na planta, e condições meteorológicas (temperatura, umidade relativa, velocidade do vento, horas de aplicação) apresentam importância significativa no processo de aplicação de defensivos agrícolas (Gentil-Sergent et al., 2021). Por conseguinte, outros fatores como, pontas de pulverização objetiva uma distribuição homogênea, espectro de gotas uniforme e tamanho de gota adequada, que quando bem ajustadas permitirá uma maior eficiência na pulverização (Kliopova et al., 2016; Yang, Zhu & Wan (2020), de modo a evitar o risco de deriva que resulta em uma baixa eficiência na pulverização sobre a cultura.

Tratando-se de uma cultura perene, a noqueira macadâmia apresenta características da arquitetura como altura da copa, galhos, ramos e folhas, que dificultam a penetração e distribuição de defensivos agrícolas na planta e funcionaram como barreira física na pulverização, reforçando a necessidade de pesquisas referentes a qualidade da aplicação de defensivos agrícolas. No norte do estado do Espírito Santo, vem sendo utilizados pulverizadores hidropneumáticos, que apresentam uma boa realização da operação de pulverização entre a linha de plantio e aplicação da calda na copa da planta. No entanto, são escassos os estudos técnico-científicos que fundamentam o uso destes equipamentos nas lavouras de macadâmia.

O presente trabalho teve por objetivo avaliar o efeito de diferentes volumes de calda aplicados por pulverizador hidropneumático sobre as características da pulverização em folhas da noqueira macadâmia.

Material e Métodos

O experimento foi desenvolvido em uma lavoura comercial de macadâmia das variedades ‘Haes 344’ e ‘Haes 660’, com 28 anos de idade, plantada em

espaçamento de 9,0 x 5,5 m e com plantas de altura média de 5,5 m, localizada no município de São Mateus - ES, cujas coordenadas são latitude 18°42'01" S, longitude 39°59'54" O e elevação de 67 m. O clima da região se enquadra no tipo Aw, com inverno seco e estação chuvosa concentrada no verão.

Selecionou-se uma área da plantação em que se observou plantas com estrutura de dossel homogêneo em relação à largura, comprimento e altura de copa, sem falhas na linha de plantio, procurando-se, dessa forma, reduzir a interferência de fatores relacionados à desuniformidade das copas na análise dos resultados.

Foi utilizado um pulverizador hidropneumático cujo tanque tem capacidade para 4000 litros, bomba centrífuga de 200 L min⁻¹, rotação da turbina de ar igual 2200 rpm, equipado com ventilador de dois lados com velocidade média do ar de 190 km h⁻¹ e vazão 1400 m³ min⁻¹. O ramal utilizado possui 40 bicos na turbina, sendo 20 de cada lado. O pulverizador hidropneumático foi tracionado por um trator de potência nominal 55,2 kW (75 cv), potência máxima na TDP de 49,3 kW (69 cv). A velocidade média de deslocamento do conjunto trator pulverizador foi de 6,0 km h⁻¹ (3ª marcha reduzida). O pulverizador estava equipado com pontas tipo jato cônico cheio, cerâmico, filtro de malha 50, indicadas para pressão superior 340 kPa.

O experimento foi conduzido segundo delineamento inteiramente casualizado (DIC), com quatro tratamentos, referentes aos quatro volumes de calda: 419 L ha⁻¹, 481 L ha⁻¹, 535 L ha⁻¹ e 582 L ha⁻¹ correspondentes às pressões de 414 kPa, 552 kPa, 690 kPa e 828 kPa, respectivamente, segundo informações fornecidas pelo fabricante. As unidades experimentais foram constituídas por uma planta, com quatro repetições totalizando 16 plantas.

As condições climáticas foram monitoradas durante o experimento por meio de um Thermo-hidro-anemômetro da marca AKROM, modelo KR825. A temperatura do variou entre 25,5 e 26,6 °C, umidade relativa média igual a 60% e velocidade do vento entre 0,9 a 2,1 m s⁻¹, 3,24 a 7,56 km h⁻¹ respectivamente, no momento da aplicação.

Para as aplicações, quatro plantas-padrão foram selecionadas e marcadas em uma mesma linha, tendo a pulverização sido iniciada pelo menos três plantas antes da primeira e concluída pelo menos três plantas após a última selecionada. Ao final das aplicações uma

amostra de cerca de 50 mL de calda foi retirada do tanque, para posterior diluições e determinação da curva padrão, necessário para a quantificação de depósito.

A solução pulverizada em todos os tratamentos foram preparados com o corante alimentício azul brilhante (FD & C n° 1) a na dose de 2000 mg L⁻¹ (Palladini, Raetano & Velini, 2005), após a pulverização, três folhas de cada terço (inferior, superior e médio) foram coletadas com auxílio de luvas cirúrgicas e acondicionadas em sacos plásticos identificados, colocados em caixa de isopor e imediatamente levado ao Laboratório Agrônomo de Análise de Solo, Folha e Água (LAGRO) do Centro Universitário Norte do Espírito Santo - CEUNES, da Universidade Federal do Espírito Santo - UFES.

A cada folha adicionou-se 50 ml de água destilada, mantendo-a por agitação por cerca de 30 segundos para remoção do corante. A solução resultante foi usada para quantificar o depósito por um espectrofotômetro pela leitura de absorbância no comprimento de onda de 630 nm conforme Quirino (2010). Os valores de absorbância lidos pelo espectrofotômetro proporcionaram a sua transformação em mg L⁻¹ conforme a equação da curva-padrão estabelecida pelas diluições das amostras (1/50, 1/100, 1/200, 1/300, 1/400, 1/500) da calda de pulverização coletada no campo

Após a remoção do corante, calculou-se a área das folhas em centímetro quadrado (cm²) com o medidor de área foliar Li-Cor Li-3100C.

Em seguida, determinou-se o volume depositado nas folhas através da equação 1:

$$C_i \cdot V_i = C_f \cdot V_f \quad (1)$$

Em que, C_i = concentração inicial da calda (2000 mg L⁻¹); V_i = volume inicial a ser calculado; C_f = concentração final que corresponde à concentração encontrada na leitura do espectrofotômetro, e V_f = volume utilizado para lavar as folhas.

Com o volume depositado, calculou-se a deposição em microlitros de calda por centímetro quadrado (μL cm⁻²) de superfície foliar.

A amostragem de gotas para a determinação do tamanho, nos diferentes tratamentos, foi realizada com papéis hidrossensíveis. Os papéis foram colocados na posição vertical, posicionados nas alturas

correspondentes ao terço inferior, médio e superior da planta. O tamanho das gotas foram determinadas por análise de imagem por meio do software ImageTool®.

Os valores relacionados ao espectro de tamanho de partículas foram processados e tabulados diretamente pelo software, apresentados de forma tabelada. Foram processadas quatro leituras, referentes às quatro etiquetas hidrossensíveis do tratamento, para cada volume de calda utilizado e realizada a média dos resultados das análises, utilizadas para avaliar os seguintes parâmetros: $Dv_{0,1}$ – diâmetro de gota tal que 10% do volume do líquido pulverizado é constituído de gotas de tamanho menor que esse valor; $Dv_{0,5}$ – diâmetro de gota tal que 50% do volume do líquido pulverizado é constituído de gotas de tamanho menor que esse valor, também conhecido como diâmetro da mediana volumétrica (DMV); $Dv_{0,9}$ – diâmetro de gota tal que 90% do volume do líquido pulverizado é constituído de gotas de tamanho menor que esse valor; AR – amplitude relativa; CH – coeficiente de homogeneidade; e DMN – diâmetro da mediana numérica diâmetro de gota tal que 50% do número de gotas pulverizadas é constituído de gotas de tamanho menor que esse valor.

Para fins de análise estatísticas dos resultados obtidos, estes foram submetidos à análise de variância, (ANOVA) e posteriormente submetidos ao teste de média de Tukey a 5% de significância, para comparação das médias, usando o programa GENES (Cruz, 2013).

Resultados e Discussão

Na quantificação do corante marcador das amostras diluídas, na determinação de depósito, foi estabelecida a equação: $y = 71,564x - 0,0095$, com coeficiente de determinação $R^2 = 0,999$, em que “x” representa a leitura da densidade óptica (absorbância) e “y” representa a concentração em $mg L^{-1}$, dado que a concentração de corante foi igual em todos os tratamentos. Pelo valor do coeficiente de determinação R^2 , verifica-se que a equação explica com precisão os valores da concentração em $mg L^{-1}$ das soluções em função da absorbância lidos no espectrofotômetro, dado que 99% da variação do volume depositado pode ser explicado pela concentração.

Os valores médios de deposição de calda em folhas ($\mu L cm^{-2}$) nos terços inferior e médio das plantas, não diferiram estatisticamente para todos os volumes de calda testados (Tabela 1).

Em relação aos valores médios da cobertura de pulverização, não houve diferença estatística para todos os volumes de calda para o terço inferior e superior (Tabela 2).

Os valores do diâmetro da mediana volumétrica (DMV), diâmetro da mediana numérica (DMN) e coeficiente de homogeneidade (CH) são parâmetros importantes a serem observados durante as pulverizações. Os valores obtidos nas pulverizações de quatro volumes de pulverização (419, 481, 535 e 582 $L ha^{-1}$) são apresentados na Tabela 3.

As maiores médias de DMV para terço inferior, terço médio e terço superior foram com 535 $L ha^{-1}$ de calda de pulverização (890,50, 980,09 e 822,86 μm respectivamente) em relação aos demais volumes de calda (419, 481 e 582 $L ha^{-1}$).

Tabela 1. Valores médios de deposição de calda em folhas ($\mu L cm^{-2}$)

Volume de calda ($L ha^{-1}$)	Deposição em folhas ($\mu L cm^{-2}$)		
	Terço Inferior	Terço Médio	Terço superior
419	2,05	0,57	0,42 b
481	2,18	0,64	0,27 b
535	2,52	0,78	0,85 a
582	2,23	0,52	0,28 b
Média Geral	2,11	0,52	0,45
CV (%)	29,16	35,3	31,09

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. A ausência de letras indica que não houve significância pelo teste F.

Tabela 2. Valores médios da cobertura de pulverização por terço da planta

Volume de calda ($L ha^{-1}$)	Cobertura (%)		
	Terço Inferior	Terço Médio	Terço superior
419	13,30	1,91b	2,15
481	9,99	4,40 ab	1,60
535	19,31	20,16 a	19,12
582	5,76	4,47 ab	1,99
Média Geral	12,09	7,73	6,21
CV (%)	93,05	108,54	150,1

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. A ausência de letras indica que não houve significância pelo teste F.

Os valores médios de $D_{v0,1}$, $D_{v0,9}$ (μm), AR e seus respectivos tratamentos estão representados na Tabela 4. Dentre os volumes de caldas observados, os volumes 481 e 535 L ha⁻¹, no terço superior (TS), não apresentaram diferença estatística entre si, contudo, diferiram dos outros dois volumes utilizados no trabalho.

No caso da equação de estimativa de quantificação de depósitos, valores similares do coeficiente de determinação R² foram encontrados por outros autores que utilizaram a mesma técnica para quantificação de depósitos (Beck et al., 2018; Gil et al., 2018; Baio et al., 2019; Gentil et al., 2020).

No que se refere aos depósitos, os valores encontrados diferem aos observados por Fernandes, Ferreira e Oliveira (2010) que verificaram valores de deposição no terço inferior do cafeeiro, crescentes com os volumes de calda acaricida (250 L, 400 L, 550 L e 700 L). A quantificação dos depósitos de defensivos agrícolas é importante na ação eficaz de produtos

fitossanitário, e quando as culturas apresentam alto índice de área foliar em que a dificuldade de penetração é ainda maior, a eficiência na deposição é essencial (Kliopova et al., 2016; Garcerá, Molto & Chueca, 2017; Soheilifard et al., 2020).

Quanto ao terço superior o tratamento com volume de calda de 535 L ha⁻¹ foi estatisticamente superior aos demais (Tabela 1), ressaltando que este volume é o ideal para o controle de pragas e doenças na cultura da macadâmia e proporcionou o maior valor de depósito de calda nas folhas. Estes resultados corroboram com os obtidos por Rodrigues et al. (2010) avaliando a quantidade e qualidade da deposição da calda de pulverização em *Commelina benghalensis*, analisando volumes de aplicação, pontas de pulverização e ângulo dos bicos na barra de pulverização, os autores chegaram a conclusão que independentemente da ponta utilizada, o volume de 200 L ha⁻¹ proporcionou os maiores depósitos médios e pontuais nas plantas.

De acordo com Yang, Zhu & Wan (2020), a heterogeneidade do alvo nas plantações de frutíferas impede a aplicação uniforme nas diversas partes das plantas e aplicações direcionadas a face inferior e superior promovem os maiores níveis de cobertura (Oliveira et al., 2012; Baio et al., 2019).

Gouda et al. (2018) comparando a eficiência da aplicação entre diferentes pulverizadores quanto à porcentagem de cobertura proporcionada junto às folhas do cafeeiro, observaram que a parte inferior apresentou menor cobertura em comparação com a mediana. Bócoli et al. (2012) verificou com uso de corantes traçadores, que o volume de calda atingido na parte inferior do cafeeiro é maior que o volume de calda atingido na parte superior em pulverização com pulverizador hidropneumático e pulverizadores costais.

Para o terço médio das plantas o volume de 419 L ha⁻¹ foi estatisticamente inferior aos volumes de 481, 535 e 582 L ha⁻¹ (Tabela 2). O volume de calda que apresentou o melhor resultado para cobertura foi o de 535 L ha⁻¹.

Tabela 3. Médias do diâmetro da mediana volumétrica (DMV), diâmetro da mediana numérica (DMN) e coeficiente de homogeneidade (CH) em função dos volumes de caldas aplicados, no terço inferior (TI), terço médio (TM) e terço superior (TS) da planta

Volume de calda (L ha ⁻¹)	DMV (μm)			DMN (μm)			CH		
	TI	TM	TS	TI	TM	TS	TI	TM	TS
419	737	737	428	283	307	301	3,0	2,1	1,5
481	715	477	414	321	319	319	2,5	1,6	1,3
535	890	980	822	375	334	334	2,9	3,8	2,8
582	721	578	291	335	269	269	2,4	2,2	1,0
Média geral	766	693	489	328	307	306	2,7	2,4	1,6
CV (%)	40	45	52	22	21	38	44	56	56

Tabela 4. Distribuição volumétrica por classe de tamanho e amplitude relativa (AR) de gotas pulverizadas em função dos volumes de caldas aplicados, no terço inferior (TI), terço médio (TM) e terço superior (TS) da planta

Volume de calda (L ha ⁻¹)	$D_{v0,1}$ (μm)			$D_{v0,9}$ (μm)			AR		
	TI	TM	TS	TI	TM	TS	TI	TM	TS
419	391	370	175 b	1088	834	584	0,9	0,7	0,9
481	372	288	295 ab	1141	631	533	1,0	0,6	0,5
535	477	439	462 a	1250	1169	1140	0,8	0,9	0,8
582	392	240	106 b	965	874	413	0,8	1,2	0,5
Média geral	408	335	259	1111	877	668	0,9	0,9	0,7
CV (%)	39	49	46	40	50	55	28	30	48

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. A ausência de letras indica que não houve significância pelo teste F.

Conforme Ruas, Balan e Saab (2011), a porcentagem de cobertura é de suma importância, pois o aumento da área coberta pelo espectro de gotas tende a propiciar maior nível de controle pelos produtos químicos. Entretanto, valores de porcentagem de cobertura muito altos indicam tendência ao escoamento de produto, por coalescimento de várias gotas menores que, unidas, dão origem a gotas de maior diâmetro e maior peso, que ultrapassam a capacidade de retenção de gotas (Quirino, 2010).

Cunha e Peres (2010) observaram que a variação do volume de calda não influenciou na severidade da ferrugem da soja e na produtividade da cultura. Quando se pode utilizar o menor volume de calda testado, aumenta capacidade operacional dos pulverizadores, reduz os custos operacionais e ainda aumenta o aproveitamento de boas condições climáticas (Cunha, e Peres, 2010; Souza, Cunha e Pavanin, 2012; Chen, et al., 2020). Estes dados corroboram com os obtidos neste trabalho, pois a melhor cobertura de pulverização (20,19 %) foi proporcionada em um volume de calda intermediário (535 L ha⁻¹) dentre os testados. Esta cobertura foi 15,69 % superior à encontrada para o maior volume de calda (582 L ha⁻¹).

Segundo Vitória e Campanharo (2016), gotas com valores de DMV menores que 100 µm sofrem maior influência do vento. Quirino et al. (2013) relatam que a pulverização de gotas com diâmetro de maiores que 400 µm são consideradas do tipo muito grossa.

De acordo com Baesso et al. (2014), gotas grossas maiores que 400 µm são menos arrastadas pelo vento e apresentam menores problemas com a evaporação no trajeto da ponta ao alvo. Porém, proporcionam menor cobertura da superfície a ser tratada e concentração de gotas por cm²; apresentam baixa capacidade de penetração na cultura e elevam a possibilidade de escoamento do produto nas folhas.

O alto coeficiente de variação na porcentagem de cobertura em todos os terços pode ser justificado pelo tipo de pulverizador usado, que não teve boa uniformidade no tamanho de gotas, o que também afetou o DMV (Tabela 3).

Para DMN as maiores médias para terço inferior, terço médio e terço superior foram com 535 L ha⁻¹ de calda de pulverização (375,80, 334,85 e 334,85 µm respectivamente) em relação aos demais volumes de calda (419, 481 e 582 L ha⁻¹).

Os valores do CH variaram de 1,04 a 3,85 (Tabela 3), indicando que o tamanho de gotas produzido é homogêneo, estando nas condições aceitáveis para aplicação. Vitória et al. (2018), considerou como homogêneas as pulverizações cujos valores de CH são menores que 1,4. Outros autores consideram ideal o valor de CH correspondente a um, significando que todas as gotas têm o mesmo diâmetro.

Os valores de DMV são esperados, pulverizadores pneumáticos não usam um bico pulverizador para fracionar a calda e gerar a gota e, com o seu ventilador é produzida uma corrente de ar, e esse tipo de fracionamento é menos eficiente que as pontas pulverizadoras. Com um maior fracionamento de seu volume, há tendência de as gotas serem maiores e em maior número, e isso eleva o valor de DMV (Tabela 3).

Gotas médias (200 - 400 µm) apresentam características intermediárias às de gotas grande e das gotas pequenas. Podem ser caracterizadas como menor incidência de arrasto pelo vento, menores problemas com a evaporação no trajeto da ponta ao alvo, melhor cobertura do alvo, maior quantidade de deposição de gotas por cm² e alta capacidade de penetração na cultura (Bueno et al., 2016; Bueno, Cunha & Santana, 2017).

Chechetto e Antuniassi (2012) avaliando o comportamento do espectro de gotas gerados por diferentes pontas de pulverização e diferentes adjuvantes, observaram que a ponta de pulverização com indução de ar (AI 8003 VS) apresentou AR entre 1,92 e 2,34, valor superior a ponta com pré-orifício (DG 8003 VS) que ficou entre 1,47 a 1,60. Geralmente, quanto menor o valor da AR, maior possibilidade de eficácia na aplicação. Não foi observado no trabalho diferença estatística entre os tratamentos no aspecto AR. O volume de calda 535 L ha⁻¹ apresentou distribuição equivalente entre os terços das plantas (TI, TM e TS), o que presume melhor eficácia de aplicação comparado com os demais tratamentos (Chen et al., 2020).

Conclusões

Na avaliação de deposição e cobertura em folhas de plantas de macadâmia, a utilização do volume de calda de 535 L ha⁻¹ mostrou-se mais eficiente, com valores superiores aos demais avaliados tanto no terço superior para deposição quanto no terço médio para cobertura. Portanto, diante das condições avaliadas,

para o controle de pragas e doenças almejando uma boa qualidade de pulverização, indica-se a utilização do volume de calda de 535 L ha⁻¹. As maiores médias de DMV para terço inferior, terço médio e terço superior foram com 535 L ha⁻¹ de calda de pulverização, os valores entre 1,04 a 3,85 para o CH indicam que o tamanho de gotas produzido é homogêneo, estando nas condições aceitáveis para aplicação.

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Espírito Santo (FAPES).

Literatura Citada

- BAESSO, M. M. et al. 2014. Tecnologias de aplicação de agrotóxicos. *Revista Ceres (Brasil)* 61(s/n):780-785.
- BAIO, F. H. R. et al. 2019. Factors affecting aerial spray drift in the Brazilian Cerrado. *PloS One* 14(6):e0217957.
- BECK, H. E. et al. 2018. Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1km resolution. *Science* 5:180214.
- BÓCOLI, M. A. et al. 2012. Quantificação de depósitos do pulverizador tipo canhão em lavoura cafeeira com espaçamento convencional. *Revista Agrogeoambiental* 4(2):1-9.
- BUENO, M. R. et al. 2016. Drift curves from spray applications on common bean crop. *Ciência e Agrotecnologia* 40(6):621-632.
- BUENO, M. R.; CUNHA, J. P. A. R.; SANTANA, D. G. 2017. Assessment of spray drift from pesticide applications in soybean crops. *Biosystems Engineering* 154 (s/n):35-45.
- CHECHETTO, R. G; ANTUNIASSI, U. R. 2012. Espectro de gotas gerado por diferentes adjuvantes e pontas de pulverização. *Energia na Agricultura* 27(3):130-142.
- CHEN, S. et al. 2020. Effect of droplet size parameters on droplet deposition and drift of aerial spraying by using plant protection UAV. *Agronomy* 10(2):195.
- CUNHA, J. P. A. R.; PERES, T. C. M. 2010. Influência de pontas de pulverização e adjuvante no controle químico da ferrugem asiática da soja. *Acta Scientiarum Agronomy* 32(4):597-602.
- CRUZ, C. D. 2013. GENES. A software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. *Acta Scientiarum Agronomy* 35(3):271-276.
- FISCHER, I. H.; PERDONÁ, M. J.; CRUZ, J. C. S. 2014. Doenças da Macadâmia. *Pesquisa & Tecnologia*. São Paulo, Nota Técnica nº 1. 5p.
- FERNANDES, A. P.; FERREIRA, M. C.; OLIVEIRA, C. A. L. 2010. Eficácia de diferentes ramais de pulverização e volumes de calda no controle de *Brevipalpus phoenicis* na cultura do café. *Revista Brasileira de Entomologia* 54(1):130-135.
- FURLANETO, F. A. 2002. Macadâmicultura no Estado de São Paulo. *Revista Científica Eletrônica de Agronomia*. São Paulo, Nota Técnica nº2. 5p.
- GARCERÁ, C., MOLTO, E., CHUECA, P. 2017. Spray pesticide applications in Mediterranean citrus orchards: canopy deposition and off-target losses. *Science of The Total Environment* 599-600 (s/n):1344-1362.
- GENTIL-SERGENT, C. et al. 2021. Quantifying pesticide emission fractions for tropical conditions. *Chemosphere* 275(s/n):130014.
- GENTIL, C. et al. 2020. Challenges and ways forward in pesticide emission and toxicity characterization modeling for tropical conditions. *International Journal of Life Cycle Assessment* 25(s/n):1290-1306.
- GIL, E. et al. 2018. First attempts to obtain a reference drift curve for traditional olive grove's plantations following ISO 22866. *Science of the Total Environment* 627(s/n):349-360.
- GOUDA, A. I. et al. 2018. Comparison of drift of two types of sprayers used in cotton production in Benin. *Biotechnology Agronomy Society* 22(2):94-105.
- KLIOPOVA, I. et al. 2016. Possibilities of increasing resource efficiency in nitrogen fertilizer production. *Clean Technologies and Environmental Policy* 18(s/n):901-914.

- LESUEUR, J. M. et al. 2016. Crisis Management of Chronic Pollution: Contaminated Soil and Human Health, first ed. CRC Press. ISBN 9780367658373. 312p.
- LEWIS, S. E. et al. 2016. Pesticide behavior, fate, and effects in the tropics: an overview of the current state of knowledge. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 64(20):3917-3924.
- MENG, Y. et al. 2020. Experimental evaluation of UAV spraying for peach trees of different shapes: Effects of operational parameters on droplet distribution. *Computers and Electronics in Agriculture* 170(s/n):1-12.
- MOTTES, C. et al. 2017. Relationships between past and present pesticide applications and pollution at a watershed outlet: the case of a horticultural catchment in Martinique, French West Indies. *Chemosphere* 184(s/n):762-773.
- OLIVEIRA, G. M. de et al. 2012. Sentidos de aplicação e pontas de pulverização no percentual de cobertura em alvos artificiais, para diferentes situações de orientação de alvo e vento. *Ciência Rural* 42(4):581-586.
- PALLADINI, L. A.; RAETANO, C. G.; VELINI, E. D. 2005. Choice of tracers for the evaluation of spray deposits. *Scientia Agrícola* 62(5):440-445.
- PERDONÁ, M. J. et al. 2014. Abortamento de frutos da noqueira macadâmia sob influência da adubação mineral. *Revista Ceres (Brasil)* 61(3):392-398.
- PIZA, P. L. B. de T.; MORIYA, L. M. 2014. Cultivo da macadâmia no Brasil. *Revista Brasileira de Fruticultura* 36(1):39-45.
- QUIRINO, A. L. S. 2010. Parâmetros técnicos para aplicação do Glyphosate visando o aumento da eficácia segurança ambiental e do aplicador. Dissertação Mestrado. Viçosa, MG, UFV. 75p.
- QUIRINO, A. L. S. et al. 2013. Parâmetros da pulverização de defensivos agrícolas visando a redução da contaminação ambiental e do aplicador. *Revista Agrarian* 6(20):161-166.
- RODRIGUES, A. C. P. et al. 2010. Avaliação qualitativa e quantitativa na deposição de calda de pulverização em *Commelina benghalensis*. *Planta Daninha* 28(2):421-428.
- RUAS, J. M. F.; BALAN, R.; SAAB, O. J. G. A. 2011. Comparação da cobertura de pulverizadores costais de acionamento manual e motorizado. *Semina: Ciências Agrárias* 32(4):1417-1422.
- SACRAMENTO C. K.; PEREIRA F. M. 2003. Fenologia da floração da noqueira macadâmia (*Macadamia integrifolia* Maiden e Betche) nas condições climáticas de Jaboticabal. *Revista Brasileira de Fruticultura* 25(1):19-22.
- SCHNEIDER L. M. et al. 2012. Zoneamento agroclimático de noqueira-macadâmia para o Brasil. *Revista Brasileira de Fruticultura* 34(2):515-524.
- SOBIERAJSKI, G. da R. et al. 2006. Noz-macadâmia: produção, mercado e situação no Estado de São Paulo. *Informações Econômicas* 36(5):25-36.
- SOHEILIFARD, F. et al. 2020. Chemical footprint of pesticides used in citrus orchards based on canopy deposition and off-target losses. *Science of the Total Environment* 732(s/n):139118.
- SOUZA, L. A.; CUNHA, J. P. A. R.; PAVANIN, L. A. 2012. Deposição do herbicida 2,4-D Amina com diferentes volumes e pontas de pulverização em plantas infestantes. *Revista Ciência Agronômica* 43(1):78-85.
- VITÓRIA, E. L. et al. 2018. Pulverização hidropneumática usando equipamentos com e sSem Assistência Eletrostática em cafeeiro conilon. *Revista Engenharia na Agricultura-Reveng* 26(3):217-228.
- VITÓRIA, E. L. da; CAMPANHARO, A. 2016. Water sensitive sample for determination of drops spectrum in spraying in coffee canephora. *Coffee Science* 11(3):367-373.
- YANG, Q.; ZHU, Y.; WANG, J. 2020. Adoption of drip fertigation system and technical efficiency of cherry tomato farmers in Southern China. *Journal of Cleaner Production* 275(s/n):13980.

ERRATUM

J. dos S. Silva, L. de O. Barbosa, A. C. F. Soares, J. L. Bezerra. New species of *Meliola* and *Irenopsis* (Ascomycota: Sordariomycetes) found in Bahia, Brazil. *Agrotropica* 33(3):173-180. 2021.

In the published version of the article “New species of *Meliola* and *Irenopsis* (Ascomycota: Sordariomycetes) found in Bahia, Brazil” by Silva et al., *Agrotropica* 33(3):173-180, 2021, the type specimens of the new species were not correctly indicated. Indication of the type must include one of the words “typus” or “holotypus”, or its abbreviation, or its equivalent in a modern language. As a consequence, the proposed new species are invalid due to Art. 40.6 of the Shenzhen Code (Turland et al. 2018).

The species are validated herein.

Irenopsis cruzalmensis J.S. Silva & J.L. Bezerra, sp. nov. MB 843392

For a detailed description see Silva et al., *Agrotropica* 33(3):178 (2021).

Holotype: Brazil, Bahia: Cruz das Almas, on leaves of *Clitoria fairchildiana* (*Fabaceae*), 24. Aug. 2015, J.S. Silva & J.L. Bezerra, HURB 14769.

Meliola crotonifolia J.S. Silva & J.L. Bezerra, sp. nov. MB 843393

For a detailed description see Silva et al., *Agrotropica* 33(3):178 (2021).

Holotype: Brazil, Bahia: Cruz das Almas, Santa Teresinha, on leaves of *Croton urucurana* (*Euphorbiaceae*), 04. Jan. 2011, J.S. Silva & J.L. Bezerra, HURB 14771.

Meliola myrsines J.S. Silva & J.L. Bezerra, sp. nov. MB 843394

For a detailed description see Silva et al., *Agrotropica* 33(3):178 (2021).

Holotype: Brazil, Bahia: Barra da Estiva, on leaves of *Myrsine* sp. (*Myrsinaceae*), 11 Jan. 2011, J.T. Souza, HURB 14768.

Literature Cited

TURLAND, N.J.; WIERSEMA, J.H.; BARRIE, F.R.; GREUTER, W.; HAWKSWORTH, D.L. (2018) International Code of Nomenclature for algae, fungi, and plants (Shenzhen Code) adopted by the Nineteenth International Botanical Congress Shenzhen, China, July 2017. [Regnum Vegetabile no. 159.] Glashütten: Koeltz Botanical Books.

POLÍTICA EDITORIAL

A Revista Agrotrópica foi criada em 1971, sendo originalmente conhecida como Revista Theobroma. Por ter um caráter interdisciplinar, constitui-se num veículo para comunicação científica em várias áreas como: Biodiversidade, Ciências Agrárias, Ambientais, Veterinária, Zootecnia, Tecnologia de Alimentos, Geografia, Geociências, Socioeconomia, etc. A revista é publicada quadrimestralmente e está destinada a divulgação de trabalhos originais que têm contribuição real para o desenvolvimento agroecológico, ambiental e socioeconômico das Regiões Tropicais Úmidas.

A Revista Agrotrópica publica não apenas artigos científicos, como também notas científicas, revisões bibliográficas relevantes e de natureza crítica, todos em três idiomas: Português, Inglês e Espanhol. Publica também cartas endereçadas ao Editor sobre trabalhos publicados.

Os Autores são os responsáveis exclusivos pelo conteúdo do trabalho, todavia, o Editor, com a assessoria científica do Conselho Editorial da Revista, reserva-se o direito de sugerir ou solicitar modificações que considerarem necessárias.

Editor Chefe

EDITORIAL POLICY

The Agrotrópica Journal was created in 1971, being formerly known as Theobroma Journal. As having an interdisciplinary character, it constitutes in a vehicle for scientific communication in various areas as: Biodiversity, Agricultural Sciences, Environmental Science, Veterinary, Animal Science, Food Technology, Geography, Geosciences, Socioeconomics, etc. The journal is published every four months and is destined to dissemination of original scientific works that have real contributions to the development agroecological, environmental and socioeconomic of the tropical rain regions.

The Agrotrópica Journal publishes not only scientific papers, but also scientific notes, relevant bibliographical reviews and of critical nature, all in three idioms: Portuguese, English and Spanish. It also publishes letters to the editor about published works.

The authors are solely responsible for the content of the work, however, the Editor, with the scientific accessory of the Editorial Board, reserves the right of suggesting or requesting the changes that seem to be necessary.

Editor-in-Chief



**MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO**



**PÁTRIA AMADA
BRASIL**
GOVERNO FEDERAL