

Agrotrópica

Volume 35, número 1, janeiro a abril de 2023



Ronaldo Costa Argolo
(*in memoriam*)

Editor da Agrotrópica
2012-2023



Centro de Pesquisas do Cacau
Ilhéus - Bahia

© 2023 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 2023.

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

Editores: Ronaldo Costa Argôlo (*in memoriam*), Quintino Reis de Araujo, Jacques Hubert Charles Delabie.

Coeditor: George Andrade Sodré

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

Capa: Ronaldo Costa Argôlo Filho e Gildefran Alves Dimpino de Assis.

Agrotrópica, 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: Fotos da capa extraídas do artigo “Polinização e técnica de infestação artificial do cacaueiro (*Theobroma cacao* L. 1737) com o pulgão *Aphis gossypii* (Glover, 1877) [Hemiptera: Aphididae]”, de Kazuyuki Nakayama. Homenagem póstuma à Ronaldo Costa Argôlo, Editor da Revista AGROTRÓPICA entre 2012 et 2023 e por seu legado como membro da Instituição CEPLAC.

INFORMATION ON THE COVER: Pictures of the Cover taken from the article “Pollination and artificial infestation technique of cacao (*Theobroma cacao* L.) with the aphid *Aphis gossypii* (Glover, 1877), [Hemiptera: Aphididae]”, by Kazuyuki Nakayama. Tribute to Ronaldo Costa Argôlo, Editor of AGROTRÓPICA Magazine between 2012 and 2023 and for his legacy as a member of Institution CEPLAC.

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:

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

Editores: Ronaldo Costa Argôlo (*in memoriam*), Quintino Reis de Araujo e Jacques Hubert Charles Delabie.

Coeditor: George Andrade Sodré.

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

Capa: Ronaldo Costa Argôlo Filho e Gildefran Alves Dimpino de Assis.

Endereço para correspondência:

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

Telefone: (73) 3214 -3211

E-mails: agrotrop.agrotrop@gmail.com
r-agrotropica.ceplac@agro.gov.br

AGROTRÓPICA

V. 35

Janeiro a abril

2023

N.1

CONTEÚDO

ARTIGOS

- 5 Faixa de qualidade de aminoácidos livres de amêndoas de cacau (em inglês). **G. A. H. de Abreu Loureiro, Q. R. de Araujo, D. Ahnert, E. I. M. Reyes, V. C. Baligar.**
- 15 Relações entre massas de frutos e amêndoas para estimar rendimentos em cacaicultura. **G. A. Sodré, I. D. Nery.**
- 21 A bioeconomia circular como estratégia para agregação de valor à cacaicultura brasileira. **A. C. C. Zugaib.**
- 53 Controle químico da broca do fruto do cacau *Carmenta foraseminis* Eichlin, 1995 [Lepidoptera, Sessidae]. **K. Nakayama.**
- 61 Polinização e técnica de infestação artificial do cacaueiro (*Theobroma cacao* L. 1737) com o pulgão *Aphis gossypii* (Glover, 1877), [Hemiptera: Aphididae]. **K. Nakayama.**

NOTAS CIENTÍFICAS

- 85 *Chrysomphalus dictyospermi* (Morgan, 1889) (Hemiptera: Diaspididae) infestando a planta ornamental variegata *Dianella tasmanica* Hook.f. (Asphodelaceae) em Goiás, Brasil (em inglês). **M. T. de Castro, S. C. L. Montalvão, V. R. dos S. Wolff.**
- 91 Primeiro registro de *Epitrix* sp. (Coleoptera: Chrysomelidae) em cultivo comercial de tomateiro grape em Paraíso do Tocantins, TO. **C. de A. Ferreira e R. S. Santos.**
- 97 Ocorrência da cochonilha-verde (Hemiptera: Coccidae) em cafezais (var. Conilon) no estado do Acre. **R. S. Santos, V. L. da Costa, V. V. L. da Silva, G. do N. Souza.**
- 101 Tributo a Ronaldo Costa Argôlo - Editor da Revista Agrotrópica de 2012 a 2023.



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; 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.

Editors: Ronaldo Costa Argôlo (*in memoriam*), Quintino Reis de Araujo e Jacques Hubert Charles Delabie.

Coeditor: George Andrade Sodré.

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

Cover: Ronaldo Costa Argôlo Filho e Gildefran Alves Dimpino de Assis.

Address for correspondence:

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

Telephone: 55 (73) 3214 - 3211

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

AGROTRÓPICA

V.35

January - April

2023

N.1

CONTENTS

ARTICLES

- 5 Quality range for free amino acids of cacao beans. **G. A. H. de Abreu Loureiro, Q. R. de Araujo, D. Ahnert, E. I. M. Reyes, V. C. Baligar.**
- 15 Relations between weight of pods and beans to estimate yield in cocoa farm (in Portuguese). **G. A. Sodré, I. D. Nery.**
- 21 The circular bioeconomy as a strategy to add value to the Brazilian cocoa farming (in Portuguese). **A. C. C. Zugaib.**
- 53 Chemical control of the cocoa fruit borer *Carmenta foraseminis* Eichlin, 1995 [Lepidoptera, Sessidae] (in Portuguese). **K. Nakayama.**
- 61 Pollination and artificial infestation technique of cacao (*Theobroma cacao* L) with the aphid *Aphis gossypii* (Glover, 1877), [Hemiptera: Aphididae] (in Portuguese). **K. Nakayama.**

SCIENTIFICS NOTES

- 85 Chrysomphalus dictyospermi (Morgan, 1889) (Hemiptera: Diaspididae) infesting the ornamental plant *Dianella tasmanica* 'variegata' Hook.f. (Asphodelaceae) in Goiás, Brazil. **M. T. de Castro, S. C. L. Montalvão, V R dos S Wolff.**
- 91 First record of *Epitrix* sp. (Coleoptera: Chrysomelidae) in commercial cultivation of grape tomato in Paraíso do Tocantins, Tocantins state, Brazil (in Portuguese). **C. de A. Ferreira e R. S. Santos.**
- 97 Occurrence of scale insect (Hemiptera: Coccidae) in coffee plantations (var. Conilon) in the state of Acre, Brazil (in Portuguese). **R. S. Santos, V. L. da Costa, V. V. L. da Silva, G. do N. Souza.**
- 101 Tribute to Ronaldo Costa Argôlo, former editor of the jornal *Agrotropica* between 2012 and 2013.

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) autores(s). 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. *Agrotrópica* (Brasil) 8(2):39-44.

LIVRO

BALL, D. M.; HOVELAND, C. S.; LACEFIELD, G. D. 1991. *Southern forages*. 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 informations about locations, time, climate, soil, etc. and furnish latin names of plants, animals, pathogens, etc., as well 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. *Agrotrópica* (Brasil) 8(2): 39 - 44.

BOOKS

BALL, D. M.; HOVELAND, C. S.; LACEFIELD, G. D. 1991. Southern forages. 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 nº 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 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.

QUALITY RANGE FOR FREE AMINO ACIDS OF CACAO BEANS

**Guilherme Amorim Homem de Abreu Loureiro¹, Quintino Reis de Araujo^{2*}, Dario Ahnert³,
Etztli Itzel Morales Reyes⁴, Virupax Chanabasappa Baligar⁵**

¹Faculty of Chemistry at the Autonomous University of the State of Mexico (UAEMéx), Paseo Colón corner Paseo Tollocan 50120, Toluca, State of Mexico, Mexico - gahal.85@gmail.com; ²Department of Agricultural and Environmental Sciences at the State University of Santa Cruz (UESC), Jorge Amado Road, km 16, 45662-000, Ilhéus, Bahia, Brazil - quintino@uesc.br; ³Department of Biological Sciences at the UESC, Jorge Amado Road km 16 45662-000, Ilhéus, Bahia, Brazil - darioa@uesc.br; ⁴Department of Hydrosociences at the Postgraduate College, Montecillo Campus, km 36.5 México 136 5, Montecillo, 56230 Texcoco, State of Mexico - etizel114@hotmail.com; ⁵US Department of Agriculture (USDA), Agricultural Research Service (ARS), Beltsville Agricultural Research Centre, Beltsville 20705-2350, Maryland, United States (Retired) - baligarvc22@gmail.com.

*Corresponding Author: quintino@uesc.br

The cocoa and derivatives industries use pH as a biochemical parameter to verify the samples quality and infer their potential for flavour and aroma, without resorting to complex analytical methods. For this reason, we sought to determine a pH range in dry cacao beans (DCB) whose free amino acids (FAAs) response was associated with satisfactory values of the fermentation index (FI). Graphical and statistical techniques were used to project classifying elliptical clustering of FI values onto scatterplots. The overall pH range of 5.79 to 6.05 predicts FAAs contents of DCB with high fermentative quality. The Tyrosine content range from 930.20 to 1252.05 mg kg⁻¹ fat free dry material was associated with this pH prediction, being a potential indicator of fermentative quality.

Key words: *Theobroma cacao* L., cacao quality, fermentation process, biochemical prediction, elliptical clustering technique.

Faixa de qualidade de aminoácidos livres de amêndoas de cacau. As indústrias cacau e derivados utilizam o pH como parâmetro bioquímico para verificar a qualidade das amostras e inferir seu potencial em sabor e aroma, sem recorrer a métodos analíticos complexos. Por esse motivo, buscou-se determinar uma faixa de pH em amêndoas de cacau secas (ACS) cuja resposta aos aminoácidos livres (AAL) estivesse associada a valores satisfatórios do índice de fermentação (IF). Técnicas gráficas e estatísticas foram usadas para projetar agrupamentos elípticos classificatórios de valores de IF em gráficos de dispersão. A faixa geral de pH de 5,79 a 6,05 prevê o conteúdo de AAL de ACS com alta qualidade fermentativa. A faixa de conteúdo de tirosina de 930,20 a 1252,05 mg kg⁻¹ do material seco isento de gordura foi associada a essa predição de pH, sendo um potencial indicador da qualidade fermentativa.

Palavras-chave: *Theobroma cacao* L., qualidade do cacau, processo de fermentação, predição bioquímica, técnica de agrupamento elíptico.

Introduction

Dry and well-fermented beans of cacao (*Theobroma cacao* L.) give unique characteristics to the chocolate flavour and aroma through a profile of highlighted biochemical attributes such as free amino acids (FAAs) (Araujo et al., 2021; Brunetto et al., 2020; Deus et al. 2020; Hinneh et al., 2018; Marseglia et al., 2014; Pätzold and Brückner, 2006; Tchouatcheu et al., 2019). Meanwhile, according to Biehl et al. (1985), the high flavour potential does not depend on the maximum release of amino acids or peptides. It is not the amount of FAAs, but the mixture of hydrophobic FAAs and hydrophilic oligopeptides that compounded the typical flavour and aroma of cacao (Rohan and Stewart, 1967; Voigt et al., 1994). Some investigations have tried to reduce the distance between farmers and chocolate manufacturers by determining quality standards through the FAAs characterization of dry cacao beans (DCB) of different origins and genotypes (Araujo et al., 2021; Brunetto et al., 2020; Hinneh et al., 2018; Marseglia et al., 2014; Tchouatcheu et al., 2019). However, the cacao that reaches the industry is often not sufficiently characterized in biochemical terms. For this reason, the cocoa and derivatives manufacturing industry has used simple parameters such as pH to infer cacao quality (Voigt and Biehl, 1995), because it reflects retrospective fermentation and drying processes under ideal conditions in biochemical attributes (Biehl et al., 1985; Ilangantileke et al., 1991; Melo et al., 2021). Therefore, the determination of the pH range in which the FAAs contents of a cacao genotype are associated with a good fermentation condition is very useful information for the industry.

The acidic condition associated with the low pH in the fermentation process allows proteins to be hydrolysed by aspartic endoprotease and carboxypeptidase generating FAAs and peptides (Biehl et al., 1993; Voigt et al., 1994). There is a diversity of FAAs found in DCB (Araujo et al., 2021; Brunetto et al., 2020; Deus et al., 2020; Hinneh et al., 2018; Marseglia et al., 2014; Pätzold and Brückner, 2006; Tchouatcheu et al., 2019) and these can be classified biochemically according to their specific side chain (R group): 1) aliphatic - glycine (Gly), alaline (Ala), valine (Val), leucine (Leu), isoleucine (Ile), cyclic aliphatic-

proline (Pro), and, aliphatic and sulfur-containing-methionine (Met); 2) aromatic-phenylalanine (Phe), tyrosine (Tyr), and, tryptophan (Trp); 3) polar neutral - serine (Ser) and threonine (Thr); 4) amide-asparagine (Asn) and glutamine (Gln); 5) cationic - histidine (His), lysine (Lys), and arginine (Arg); 6) anionic - aspartic acid (Asp) and glutamic acid (Glu). Other non-protein amino acids are also described, such as α -aminobutyric acid (GABA) (Araujo et al., 2021; Marseglia et al., 2014; Pätzold and Brückner, 2006; Tchouatcheu et al., 2019), citrulline (Cit) and Ornithine (Orn) (Hinneh et al., 2018). Tchouatcheu et al. (2019) have reported an FAA content of 10563.27 (\pm 2705.162) mg kg⁻¹ of fat free dry material (FFDM) in well-fermented dry cacao beans obtained from the identification of “brown colour” using the cut test. Ilangantileke et al. (1991) have observed that the highest values of the fermentation index (FI) (approximately 1.2-1.4) are associated with the “fully brown” colour category. Ilangantileke et al. (1991) have also described an inverse relationship between pH and FI, and direct relations between FAAs contents and FI. The total acidity (TA) or titratable and the FI show a direct relationship with the increase in hours of the fermentation process (Melo et al., 2021). Therefore, pH and FI can indicate the fermentative quality of cacao beans and the FAAs contents that reflect this condition.

FI is a variable measured at the end of the fermentation process (Loureiro et al., 2017; Melo et al., 2021). In DCB, the FI cannot be determined, leaving only the pH or the total acidity as variables capable of predicting the degree of fermentation from the sample observations. The boundary line technique can be useful for obtaining regressions (Walworth et al., 1986). Graphical techniques to obtain class intervals for the x and y- variables can facilitate the selection of boundary regression points (Armstrong et al., 2003; Bivand et al., 2020; ESRI, 2022; Smith, 1986). In turn, the FI values can be used as a categorical variable to project an elliptic cluster with a multivariate normal distribution based on a correlation matrix (Murdoch et al., 2022; Wickham et al., 2020) in the two-dimensional space of the response of the FAAs as function to pH. Therefore, the aim of this study was to determine the pH ranges whose response of the FAAs is related to the highest FI values.

Materials and Methods

Cacao origin, sampling, and post-harvest processes

The materials used consisted of fermented and dry cacao beans from the clone Porto Híbrido 16 (PH-16) from 12 cropping sites in the southeastern region of Bahia, as described by Araujo et al. (2021). The original sample is composed of 36 observations from a completely randomized design, with three replications per cropping site. Fruit collections were carried out in November 2008, during the second annual harvest. The fermentation processes of 168 h (7 days) and the drying of 192 h (8 days) are fully related by Loureiro et al. (2016, 2017).

Fermentation index

The method adapted from Gourieva and Tserevitinov (1979) was used to determine the FI. Samples of 0.5 g of milled fermented cacao beans (FCB) were homogenized with 50 ml of a mixture of CH₄O (methanol) and HCl (hydrochloric acid) in a 97:3 volume ratio. The homogenate was left in a refrigerator at 8°C for 20 hours and then vacuum filtered. The FI of the three replicates of each sample was obtained by calculating the absorbance at 460 nm to absorbance at 530 nm in the spectrophotometer (FEMTO® 600 plus, FEMTO, Brazil).

Moisture, pH and total acidity

The pH and TA of the fermented and cacao beans were determined by methods 970.21-1974 (AOAC International, 2005d) and 942.15-1965 of the Association of Official Analytical Collaboration (AOAC) International Official (AOAC International, 2005c), respectively. The moisture content of DCB was determined according to the AOAC International Official Method 931.04 (2005b).

Protein and free amino acids

Total protein content in DCB was estimated based on the conversion factor was 6.25 of the total nitrogen, which was determined using micro-Kjeldahl assay according to the method 31.1.08 (AOAC International, 2005a). The steps for the analysis and determination of free amino acid contents in DCB by High Performance Liquid Chromatography were described by Araujo et al. (2021).

Data analysis

The statistical procedures used in this study were performed using the R software (R Development Core Team 2021). The samples of each variable were submitted to the Shapiro-Wilks normality test at 5% significance. Outliers were analyzed graphically.

The graphic analysis was performed by classifying continuous variables using intervals generated with an equivalent proportion of the sample standard deviation (ESRI, 2022). Four intervals were determined. The goodness of fit of variance (GVF) and the tabular precision index (TAI) described by Armstrong et al. (2003) were used to assess class intervals through the “classInt” package (Bivand et al., 2020). The extreme points in the scatter plot between the response variable (y-axis) and the independent variable (x-axis) were used to construct the boundary lines (Walworth et al., 1986) of polynomial regressions.

The graphical functions “stat_ellipse” from the “ggplot2” package (Wickham et al., 2020) and “ellipse” from the “ellipse” package (Murdoch et al., 2022) were used to obtain the ellipse area in the scatterplots, assuming a multivariate normal distribution, calculated from the correlation matrix. The “scale” parameter corresponds to the standard deviations and the “centre” to the means of the subgroup of samples represented by the ellipse. Was used a confidence at the 0.95 level of a 95% pairwise confidence region (Murdoch et al., 2022).

Results and Discussion

It was found that 83.33% of the dataset variables have a normal distribution by the Shapiro-Wilks test at 5% significance level (Table 1). Variables pH and TA of the FCB, and moisture, pH, and Lys of the DCB did not show a normal distribution (Table 1). These deviations from normality occur mainly due to the reduction of observations in the sample. Ten observations of the original sample were eliminated according to the following three criteria: 1) missing values of FAAs detection; 2) FI outliers; and 3) extreme outliers clearly related to analytical errors. Due to the low number of observations in the sample ($n = 26$), some outliers outside the interquartile range were not eliminated (Figures 1-5), as they are not outliers from the analytical point of view for FCB or DCB.

Table 1. Sample analysis of biochemical attributes of cacao beans of the Porto Híbrido 16 (PH-16) clone cropping in the southeastern region of Bahia, Brazil

Type	Variable (Abbreviation or acronym, unit)	S-W test ¹		Outliers' detection	Descriptive statistics				Indexes ²		Scatterplot analysis					
		W	p-value		Minimum	Maximum	Average	Standard deviation	GVF ³	TAI ⁴	x variable		y variable		y limits	
FCB ⁵	Potential of hydrogen (pH _a , dimensionless)	0.92	0.03	1	4.13	5.56	4.64	0.34	0.94	0.70	pH _f	4.25	5.01	FI	0.92	1.23
	Total acidity (TA _a , meq NaOH 100g ⁻¹)	0.88	<0.01	2	13.40	31.01	25.30	4.38	0.96	0.77	TA _f	23.98	26.49	FI	0.92	1.23
	Fermentation index (FI, dimensionless)	0.95	0.27	0	0.33	1.19	0.75	0.25	0.94	0.76	pH _f	4.49	4.77	TA _f	23.98	26.48
	Moisture (Mo, g 100 g ⁻¹)	0.92	0.04	0	5.47	7.90	7.12	0.64	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	Potential of hydrogen (pH _a , dimensionless)	0.86	<0.01	3	5.82	6.57	6.05	0.19	0.94	0.72	pH _d	5.79	6.05	TA _d	11.56	17.30
	Total acidity (TA _a , meq NaOH 100g ⁻¹)	0.95	0.28	1	10.53	19.24	14.40	2.27	0.90	0.65	pH _d	5.79	6.05	TA _d	11.56	17.30
	Total protein (g kg ⁻¹)	0.97	0.58	0	135.74	199.55	163.12	16.19	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	Total free amino acids (mg kg ⁻¹ FFDM ⁶)	0.97	0.61	0	10980.40	17276.53	13888.92	1754.92	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
DCB ⁶	Glycine (Gly, mg kg ⁻¹ FFDM ⁶)	0.93	0.09	0	63.18	155.81	95.15	25.63	0.96	0.79	pH _d	5.78	6.05	Gly	34.48	156.06
	Alanine (Ala, mg kg ⁻¹ FFDM ⁶)	0.98	0.78	0	891.80	1439.70	1192.86	141.47	0.91	0.66	pH _d	5.79	6.04	Ala	747.20	1699.20
	Valine (Val, mg kg ⁻¹ FFDM ⁶)	0.93	0.08	2	670.29	1163.60	974.11	118.68	0.96	0.78	pH _d	5.78	6.05	Val	583.34	1448.80
	Leucine (Leu, mg kg ⁻¹ FFDM ⁶)	0.98	0.82	1	1576.86	2962.09	2331.36	337.12	0.96	0.84	pH _d	5.79	6.04	Leu	1590.61	3150.48
	Isoleucine (Ile, mg kg ⁻¹ FFDM ⁶)	0.97	0.52	1	477.07	871.02	694.01	92.33	0.93	0.74	pH _d	5.78	6.05	Ile	433.53	1015.78
	Phenylalanine (Phe, mg kg ⁻¹ FFDM ⁶)	0.96	0.37	0	1270.29	2382.24	1863.07	318.54	0.95	0.79	pH _d	5.79	6.05	Phe	1181.28	2677.53
	Tyrosine (Tyr, mg kg ⁻¹ FFDM ⁶)	0.96	0.35	0	735.04	1319.33	998.84	165.20	0.93	0.74	pH _d	5.78	6.06	Tyr	930.20	1252.05
	Tryptophan (Trp, mg kg ⁻¹ FFDM ⁶)	0.98	0.78	0	118.19	461.31	269.17	80.15	0.93	0.73	pH _d	5.78	6.05	Trp	138.82	388.20
	Serine (Ser, mg kg ⁻¹ FFDM ⁶)	0.97	0.62	0	248.50	476.20	372.74	62.57	0.94	0.73	pH _d	5.78	6.05	Ser	181.29	614.53
	Threonine (Thr, mg kg ⁻¹ FFDM ⁶)	0.95	0.29	0	145.09	348.52	221.51	48.49	0.93	0.72	pH _d	5.78	6.06	Thr	101.49	334.57
	Asparagine (Asn, mg kg ⁻¹ FFDM ⁶)	0.97	0.71	0	645.82	1474.17	1026.34	219.32	0.92	0.69	pH _d	5.79	6.05	Asn	429.86	1812.98
	Glutamine (Gln, mg kg ⁻¹ FFDM ⁶)	0.96	0.49	0	482.04	860.50	647.82	101.32	0.93	0.73	pH _d	5.81	6.03	Gln	319.81	1035.04
	Lysine (Lys, mg kg ⁻¹ FFDM ⁶)	0.88	<0.01	1	235.34	1560.64	602.92	285.39	0.93	0.72	pH _d	5.80	6.04	Lys	181.40	1020.21
	Aspartic acid (Asp, mg kg ⁻¹ FFDM ⁶)	0.98	0.81	0	301.67	566.20	439.10	71.61	0.91	0.67	pH _d	5.78	6.05	Asp	210.13	671.59
	Glutamic acid (Glu, mg kg ⁻¹ FFDM ⁶)	0.97	0.57	1	590.23	1586.58	1203.93	246.67	0.93	0.72	pH _d	5.78	6.05	Glu	868.96	1663.43
	Gamma-aminobutyric acid (GABA, mg kg ⁻¹ FFDM ⁶)	0.96	0.40	0	573.29	1317.47	955.99	213.46	0.91	0.69	pH _d	5.78	6.06	GABA	410.74	1580.17

¹Shapiro-Wilks test at 5% significance level. ²Indexes for assessing class intervals (Armstrong et al., 2003; Byvand et al., 2020). ³Goodness of variance fit. ⁴Tabular accuracy index. ⁵Fermented cacao beans (undried). ⁶Dry cacao beans. ⁷Fat free dry material.

The two-dimensional space of the scatterplots was subdivided into 4 class intervals for the x- and y-variables (Figures 1-5). The average is a class limit on the x and y axes as shown in Figures 1 to 5; it is a parameter used in the GVF and TAI interval quality assessment indexes (Armstrong et al., 2003). 100% of the variables present GVF values equal to or higher than 0.90 (Table 1). GVF values closer to 1.00 indicate that the method for determining class intervals has a good fit (Smith, 1986). TAI values higher than 0.60 and less than or equal to 0.70 for the variables TA, Ala, Asn, Asp, and GABA, indicate that there was more smoothing or some loss of information in the class intervals in relation to the other variables whose values are equal to or higher than 0.70 (Table 1). 76.19% of the dataset variables have enough internal variability for its classes (Table 1).

The low number of observations in the set of samples can compromise the selection of boundary points and the respective significance of the coefficients of the regression models, as shown in Figure 1b. Therefore, these models will only be valid if their biological or biochemical explanation is coherent. The inverse relations between FI and pH and between FAAs and pH (Ilangantileke et al., 1991) are the information

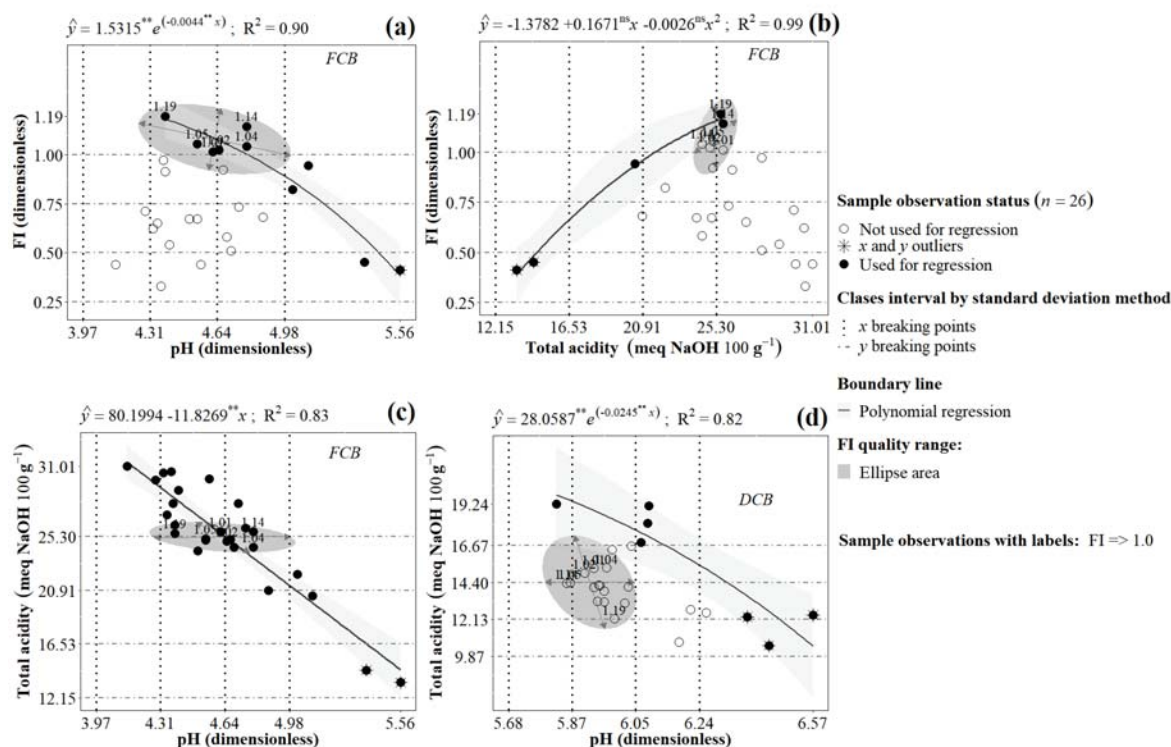


Figure 1. Boundary lines fitting of the polynomial regressions of the pH (a) and total acidity (b) as a function of the fermented index of fermented cacao beans (FCB, undried), and pH (c) as a function of total acidity of the dry cacao beans (DCB). Significance level of regression coefficients by the F test: $p \leq 0.01$ (**), and not significant (^{ns}). Coefficient of determination (R^2). A confidence interval at 95% level. Ellipse area calculated with multivariate normal distribution. Porto Híbrido 16 cacao clone; Humid region of southeastern Bahia, Brazil.

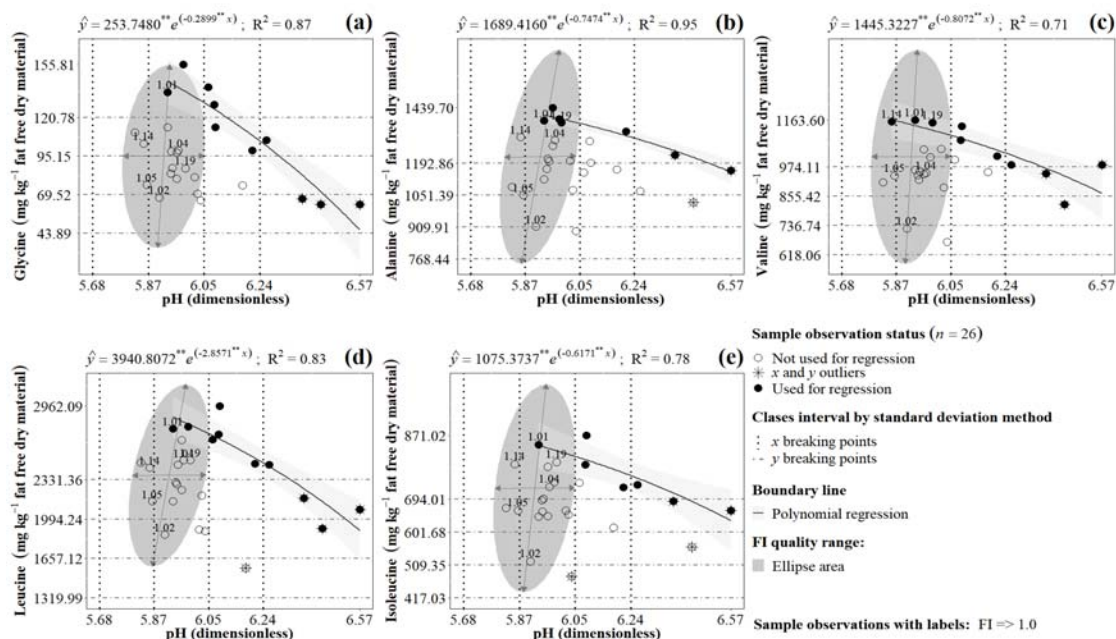


Figure 2. Boundary lines fitting of the polynomial regressions of the free amino acids as a function of pH of dry cacao beans. Amino acids with aliphatic side-chains, glycine (a), alanine (b), valine (c), leucine (d), and isoleucine (e). Significance level of regression coefficients by the F test: $p \leq 0.01$ (**). Coefficient of determination (R^2). A confidence interval at 95% level. Ellipse area calculated with multivariate normal distribution. Porto Híbrido 16 cacao clone; Humid region of southeastern Bahia, Brazil.

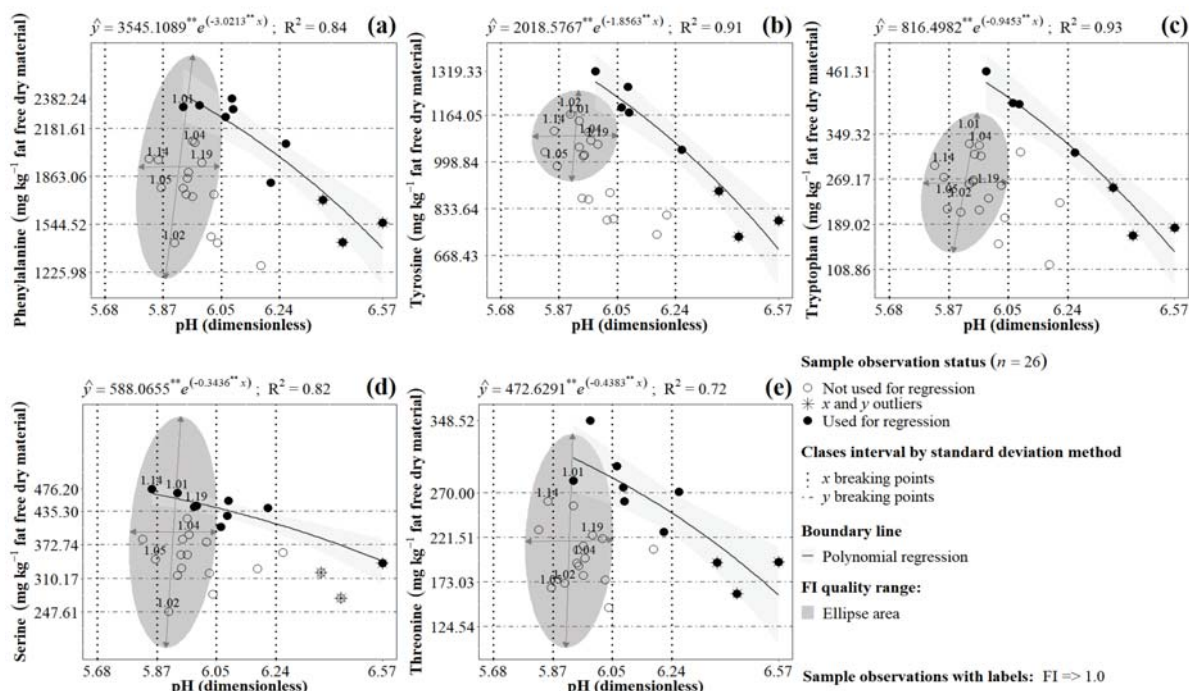


Figure 3. Boundary lines fitting of the polynomial regressions of the free amino acids as a function of pH of dry cacao beans. Amino acids with aromatic side-chains, phenylalanine (a), tyrosine (b), and tryptophan (c), and with polar neutral side-chains, serine (d), and threonine (e). Significance level of regression coefficients by the F test: $p \leq 0.01$ (**). Coefficient of determination (R²). A confidence interval at 95% level. Ellipse area calculated with multivariate normal distribution. Porto Híbrido 16 cacao clone; Humid region of southeastern Bahia, Brazil.

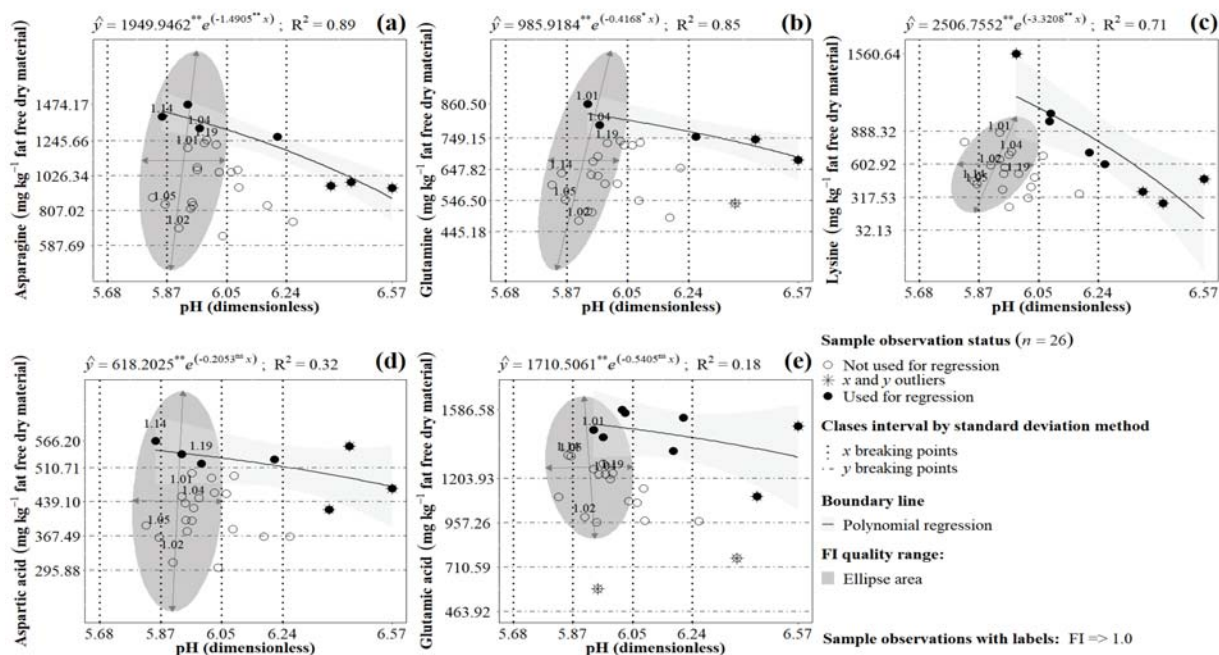


Figure 4. Boundary lines fitting of the polynomial regressions of the free amino acids with as a function of pH of dry cacao beans. Amino acids with amide side-chains, asparagine (a), and glutamine (b), with cationic side-chains, lysine (c), and with anionic side-chains, aspartic acid (d), and glutamic acid (e). Significance level of regression coefficients by the F test: $p \leq 0.01$ (**), $0.01 > p \leq 0.05$ (*), and not significant (^{ns}). Coefficient of determination (R²). A confidence interval at 95% level. Ellipse area calculated with multivariate normal distribution. Porto Híbrido 16 cacao clone; Humid region of southeastern Bahia, Brazil.

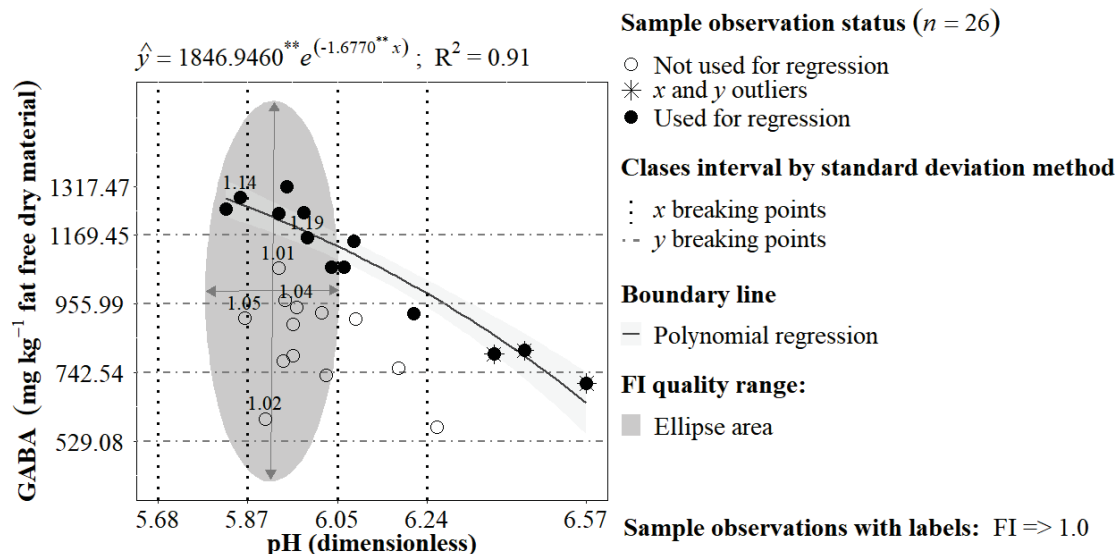


Figure 5. Boundary lines fitting of the polynomial regressions of the gamma-aminobutyric acid (GABA) with as a function of pH of dry cacao beans. Significance level of regression coefficients by the F test: $p \leq 0.01$ (**). Coefficient of determination (R^2). A confidence interval at 95% level. Ellipse area calculated with multivariate normal distribution. Porto Híbrido 16 cacao clone; Humid region of southeastern Bahia, Brazil.

taken as criteria for the selection of the extreme points used to obtain the boundary lines of the first degree and exponential polynomial regressions in Figures 1 to 5. The literature corroborates the behaviours of the response variables as a function of the pH observed in Figures 1 to 5 (Ilangantileke et al., 1991; Melo et al., 2021; Tchouatcheu et al., 2019).

The scatterplots projections of the elliptical clustering (Murdoch et al., 2022; Wickham et al., 2020) of the sample observations whose FI values were equal to or higher than 1.0 (Ilangantileke et al., 1991; Tchouatcheu et al., 2019), as a category of the retrospective fermentation process, allowed the definition of quality ranges for the pH and for the other variables, mainly the FAAs (Figures 1-5). The elliptical clustering of observations with FI values equal to or higher than 1.00 occurred in a pH range between 4.25 to 5.01 (Figure 1a), and in a TA range between 23.98 to 26.49 (Figure 1b). Melo et al. (2021) have observed inverse relations between pH and cacao fermentation time. In 144 h of fermentation, the pH reached an average of 4.72 ± 0.01 , TA an average of 26.52 ± 2.52 meq NaOH 100 g^{-1} , and moisture and average of $5.82 \pm 0.16 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$. After 96 h of fermentation, the FI reached values equal to or higher than 1.0 (1.058-1.157). Ilangantileke et al. (1991) have observed FI values between 1.0 and 1.3,

corresponding to pH values close to and below 5.0. These antecedents are corroborated with the pH and TA values of the FCB (Table 1).

Taking all the pH quality ranges for the FAA by the elliptical clusters related to good fermentation in the DCB (Figures 2-5), an overall range of pH of 5.79 to 6.05 was obtained (Table 1). As flavour and aroma precursors of chocolate, FAAs should reflect the fermentative condition in the pH range between 5.5-5.0 (Voigt and Biehl, 1995). Tyrosine (Tyr) proved to be the FAA most sensitive to fermentation, given the delimitation observed in the elliptical clusters (Figure 3b). It has been shown that the oxidation rate of polyphenols can be increased by tyrosinase in crude cacao beans, reducing excessive astringent and bitter taste (Misnawi et al., 2002). Therefore, the formation and degradation of Tyr in cacao beans is a potential indicator of fermentative quality. The average Tyr content was one of the highest detected in the DCB of the PH-16 cacao clone (Table 1; Figure 3b) and is close to that reported by Deus et al. (2020) for the same cacao genotype, and in turn statistically close to the average theory found for the clone Castro Naranjal Collection 51 (CCN-51). However, the FAAs profile of the chocolate samples prepared with the DCBs of clone PH-16 was grouped with the Ipiranga and Pará

genotypes. Deus et al. (2020) have classified Tyr in tasteless and acidic sensory characteristics groups. Variables Trp (Figure 3c), Lys (Figure 4c) and Glu (Figure 4e) also seem to have this potential for discriminant analysis; however, it would be important to verify this behaviour with larger samples ($n \geq 100$). The exponential coefficients of the boundary regressions for the variables Asp (Figure 4d) and Glu (Figure 4e) were not significant, therefore, it is assumed that only pH values above 6.57 (sample maximum, Table 1) must be predictive of the decrease in the content of these FAAs.

Once the behaviour of the responses of the FAAs to pH variations has been determined, it has been shown that the elliptical projection of a cluster of sample observations categorized by FI values is a viable exploratory graphic technique to monitor retrospective processes such as the end of the fermentation. The pH range associated with fermentative quality is useful information that can be used to characterize other aspects of cacao quality such as human nutrition.

Conclusion

The overall pH range of 5.79 to 6.05 predicts the FAAs contents related to the fermentative quality of cacao beans of PH-16 cacao clone. Tyr content range from 930.20 to 1252.05 mg kg⁻¹ fat free dry material was shown to be more associated with the observations of the sample that correspond to FI values higher than or equal to 1.0. Therefore, it is suggested that this FAA is a potential indicator of fermentative quality.

Acknowledgements

This paper is part of the project “Linking soil quality and cocoa quality in Bahia, Brazil” and for running fundamental steps of this research, the author Quintino R. de Araujo was supported by the Brazilian National Council for Scientific and Technological Development (CNPq) (grant no. Proc. 201739/2008-9 PDE) for performing Postdoctoral fellowship. The project SCA 58-1245-3-237F of USDA-ARS-FUNPAB partially supported research activities.

Literature Cited

- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS - AOAC. 2005a. Official Method 31.1.08. In: Horwitz, W.; Latimer Jr., G. W. Official Methods of Analysis of AOAC International. 18th ed. AOAC International, Gaithersburg, Maryland.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS - AOAC. 2005b. Official Method 931.04. In: Horwitz, W.; Latimer Jr., G. W. Official Methods of Analysis of AOAC International. 18th ed. AOAC International, Gaithersburg, Maryland.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS - AOAC. 2005c. Official Method 942.15-1965. In: Horwitz, W.; Latimer Jr., G. W. Official Methods of Analysis of AOAC International. 18th ed. AOAC International, Gaithersburg, Maryland.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS - AOAC. 2005d. Official Method 970.21-1974. In: Horwitz, W.; Latimer Jr., G. W. Official Methods of Analysis of AOAC International. 18th ed. AOAC International, Gaithersburg, Maryland.
- ARAUJO, Q. R. de et al. 2021. Effect of Different Edaphic Crop Conditions on the Free Amino Acid Profile of PH-16 Dry Cacao Beans. *Agronomy* 11(8): 1637.
- ARMSTRONG, M. P.; XIAO, N.; BENNETT, D. A. 2003. Using Genetic Algorithms to Create Multicriteria Class Intervals for Choropleth Maps. *Annals of the Association of American Geographers* 93(3):595–623.
- BIEHL, B. et al. 1985. Acidification, proteolysis and flavour potential in fermenting cocoa beans. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 36(7):583–598.
- BIEHL, B. et al. 1993. The proteases of ungerminated cocoa seeds and their role in the fermentation process. *Angewandte Botanik* 67(1-2):59-65.
- BIVAND, R. et al. 2020. Package ‘classInt.’ Choose Univariate Class Intervals. R Package Version 0.4-3. <https://cran.r-project.org/web/packages/classInt/classInt.pdf>

- BRUNETTO M. del R. et al. 2020. The effect of fermentation and roasting on free amino acids profile in Criollo cocoa (*Theobroma cacao* L.) grown in Venezuela. *Brazilian Journal of Food Technology* 23:e2019150.
- DEUS, V. L.; BISPO, E. S.; FRANCA, A.S.; GLORIA, M. B. A. 2020. Influence of cocoa clones on the quality and functional properties of chocolate – Nitrogenous compounds. *LWT* 134:110202.
- ESRI. 2022. Data classification methods. ArcGIS Pro 3.0. <https://pro.arcgis.com/es/pro-app/latest/help/mapping/layer-properties/data-classification-methods.htm>
- GOURIEVA, M. B.; TSEREVITINOV, O. B. 1979. Methods for evaluating the degree of fermentation of cocoa beans (Patent No. 646254). USSR Patent.
- HINNEH, M. et al. 2018. Assessing the influence of pod storage on sugar and free amino acid profiles and the implications on some Maillard reaction related flavor volatiles in Forastero cocoa beans. *Food Research International* 111("Part C"): 607–620.
- ILANGANTILEKE, S. G.; WAHYUNDI, T.; GRACIA BAILON, M. A. 1991. Assessment Methodology to Predict Quality of Cocoa Beans for Export. *Journal of Food Quality* 14:481–496. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4557.1991.tb00088.x>
- LOUREIRO, G. A. H. de A. et al. 2016. Influence of environmental factors on cacao biometric attributes. *Agrotrópica* 28(2): 123–140. <https://doi.org/10.21757/0103-3816.2016v28n2p123-140>
- LOUREIRO, G. A. H. de A. et al. 2017. Influencia de factores agroambientales sobre la calidad del clon de cacao (*Theobroma cacao* L.) PH-16 en la región cacaotera de Bahia, Brasil. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 4(12):579–587. <https://doi.org/10.19136/era.a4n12.1274>
- MARSEGLIA, A.; PALLA, G.; CALIGIANI, A. 2014. Presence and variation of α -aminobutyric acid and other free amino acids in cocoa beans from different geographical origins. *Food Research International* 63 (Part C):360–366. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.05.026>
- MELO, T. S. et al. 2021. Evaluation of the content of bioactive compounds in cocoa beans during the fermentation process. *Journal of Food Science and Technology* 58(5):1947–1957. <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04706-w>
- MISNAWI; SELAMAT, J.; BAKAR, J.; SAARI, N. 2002. Oxidation of polyphenols in unfermented and partly fermented cocoa beans by cocoa polyphenol oxidase and tyrosinase. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 82(5):559–566. <https://doi.org/10.1002/jsfa.1075>
- MURDOCH, D.; CHOW, E. D.; CELAYETA, J. M. F. 2022. Package 'ellipse'. Functions for Drawing Ellipses and Ellipse-Like Confidence Regions. R Package Version 0.4.3. R: The R Project for Statistical Computing. <https://cran.r-project.org/web/packages/ellipse/ellipse.pdf>
- PÄTZOLD, R.; BRÜCKNER, H. 2006. Gas chromatographic determination and mechanism of formation of D-amino acids occurring in fermented and roasted cocoa beans, cocoa powder, chocolate and cocoa shell. *Amino Acids* 31(1): 63–72.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. 2021. R: A Language and Environment for Statistical Computing (4.1.2). R Foundation for Statistical Computing. <https://www.r-project.org/>
- ROHAN, T. A.; STEWART, T. 1967. The Precursors of Chocolate Aroma: Production of Free Amino Acids during Fermentation of Cocoa Beans. *Journal of Food Science* 32(4):395–398.
- SMITH, R. M. 1986. Comparing traditional method for selecting class intervals on choropleth maps. *The Professional Geographer* 38(1): 62–67.
- TCHOUATCHEU, G. A. N.; NOAH, A. M.; LIEBEREI, R.; NIEMENAK, N. 2019. Effect of cacao bean quality grade on cacao quality evaluation by cut test and correlations with free amino acids and polyphenols profiles. *Journal of Food Science and Technology* 56(5): 2621–2627.
- VOIGT, J.; BIEHL, B. 1995. Precursors of the cocoa-specific aroma components are derived from the vicilin-class (7s) globulin of the cocoa seeds by proteolytic processing. *Botanica Acta* 108:283–289.

- VOIGT, J. et al. 1994. In vitro studies on the proteolytic formation of the characteristic aroma precursors of fermented cocoa seeds: The significance of endoprotease specificity. *Food Chemistry* 51(1):7–14.
- WALWORTH, J. L., LETZSCH, W. S., SUMNER, M. E. 1986. Use of Boundary Lines in Establishing Diagnostic Norms. *Soil Science Society of America Journal* 50(1):123–128.
- WICKHAM, H. et al. 2020. Package ‘ggplot2’. Create Elegant Data Visualisations Using the Grammar of Graphics. R Package Version 3.3.3. R: The R Project for Statistical Computing. <https://cran.r-project.org/web/packages/ggplot2/ggplot2.pdf>.



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

George Andrade Sodré¹, Izabela Duarte Nery²

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

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

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

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

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

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

Introdução

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

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

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

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

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

Material e Métodos

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

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

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

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

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

Dados extraídos de Sodré (2017).

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

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

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

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

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

Resultados e Discussão

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Conclusões

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

Literatura Citada

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

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



A BIOECONOMIA CIRCULAR COMO ESTRATÉGIA PARA AGREGAÇÃO DE VALOR À CACAUCULTURA BRASILEIRA

Antônio Cesar Costa Zugaib

CEPLAC, km 22, Rod. Ilhéus - Itabuna, 45600-970, Itabuna, Bahia; UESC/DCEC, km 16, Rod. Ilhéus - Itabuna, 45662-900, Ilhéus, Bahia. antonio.zugaib@agro.gov.br; acczugaib@uesc.br

Este estudo decorre de uma busca pela oportunidade de como a cacauicultura pode usar a bioeconomia circular a seu favor, de modo a promover o crescimento econômico e a melhoria da qualidade de vida dos produtores de cacau como um todo, assegurando a qualidade ambiental. A metodologia buscou vários conceitos, definições, arcabouços teóricos, observatórios, planos de ação sobre a bioeconomia circular em instituições especializadas, a exemplo do Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), da Fundação Ellen MacArthur, do Centro de conhecimento em bioeconomia da Comissão Europeia, da News European Parliament, do Ministério de Ciência Tecnologia e Inovação (MCTI), da Embrapa e diversos estudos publicados por economistas ou coletivamente, para dar suporte aos objetivos do presente trabalho. O objetivo geral foi aplicar a concepção da bioeconomia circular para agregação de valor à cacauicultura nacional e os objetivos específicos foram: 1) Identificar estudos dentro da cacauicultura que já utilizaram o conceito de bioeconomia circular para agregação de valor; 2) Formular diretrizes e recomendações para elaboração de novos projetos dentro do contexto da bioeconomia circular para a cacauicultura nacional. Como resultados identificou-se vários estudos referentes a bioeconomia circular para agregação de valor dentro da cacauicultura, desde 1984 a 2022, e, neste contexto, são apresentadas propostas visando a implementação de diretrizes para a elaboração de projetos sobre o tema foco, em benefício da cacauicultura nacional.

Palavras-chave: sustentabilidade, circularidade, biomassa, agregação de valor, bioprocessos, bioproduto.

The circular bioeconomy as a strategy to add value to the Brazilian cocoa farming. This study stems from a search for the opportunity of how cocoa farming can use the circular bioeconomy to its advantage, in order to promote economic growth and improve the quality of life of cocoa producers as a whole, ensuring environmental quality. The methodology sought various concepts, definitions, theoretical frameworks, observatories, action plans on the circular bioeconomy in specialized institutions, such as the Center for Management and Strategic Studies (CGEE), the Ellen MacArthur Foundation, the Center for Knowledge in Bioeconomy of the European Commission, the News European Parliament, the Ministry of Science, Technology and Innovation (MCTI), Embrapa and several studies published by economists or collectively, to support the aims of this work. The general objective was to apply the concept of circular bioeconomy to add value to national cocoa farming and the specific objectives were: 1) To identify studies within cocoa farming that have already used the concept of circular bioeconomy to add value; 2) Formulate guidelines and recommendations for the development of new projects within the context of the circular bioeconomy for national cacao farming. As a result, several studies were identified regarding the circular bioeconomy for adding value within cocoa farming, from 1984 to 2022, and, in this context, proposals are presented aimed at the implementation of guidelines for elaboration of projects on the focus theme, for the benefit of national cocoa farming.

Key words: sustainability, circularity, biomass, value addition, bioprocesses, bioproducts.

Introdução

Reconhecendo a oportunidade de transitar para uma economia de baixo carbono aliada ao desenvolvimento sustentável, a cacauicultura brasileira tem todos os predicados para ingressar para uma bioeconomia circular no sentido de agregação de valor ao cacau. Em se tratando de um país de dimensões continentais e com grande disponibilidade de recursos naturais renováveis, principalmente dentro dos biomas Mata Atlântica e Floresta Amazônica, a cacauicultura tem alto potencial de alicerçar seu desenvolvimento e sua inserção estratégica no cenário global no incremento de uma bioeconomia circular moderna.

A bioeconomia compreende toda a atividade econômica derivada de bioprocessos e bioprodutos que contribui para soluções eficientes no uso de recursos biológicos - frente aos desafios em alimentação, produtos químicos, materiais, produção de energia, saúde, serviços ambientais e proteção ambiental que promovem a transição para um novo modelo de desenvolvimento sustentável e de bem-estar da sociedade (CGEE/ ODBio, 2020).

As atividades da bioeconomia podem ser entendidas como: produção de biomassa – transformação – geração de produto final de valor econômico. Esses três quesitos são baseados na sustentabilidade e na inovação. A partir dessa lógica, incluem-se na bioeconomia: biocombustíveis, bioquímicos, bioinsumos, enzimas, fármacos e biomateriais em geral (tais como produtos de higiene pessoal e cosméticos, têxteis e outros com base em tecnologia e inovação a partir de recursos biológicos) (CGEE, 2020).

A empresa cacauieira se destaca pelo leque de ações permitidas pelas atividades que se encaixam na bioeconomia (do melhoramento genético à produção de bioinsumos e uso da terra de forma mais eficiente), pela necessidade de fortalecer a agricultura de base biológica (aumento do uso de bioinsumos) e pela evolução tecnológica ocorrida nos últimos anos e hoje empregada no campo da cacauicultura. É também nesse setor que se encontra a oportunidade de reconstruir o paradigma do expansionismo para o uso eficiente dos recursos naturais.

A cacauicultura brasileira está inserida em dois principais biomas brasileiros, rico em biodiversidade

que são a Mata Atlântica e a Floresta Amazônica. Essa é uma oportunidade de dedicar atenção a essas regiões, gerando valor econômico e social na perspectiva de manter a floresta em pé. Não se trata de trabalhar a comoditização de produtos, por exemplo, mas o desenvolvimento de coprodutos derivados do cacau, de agregar valor ao produto, no desenvolvimento, na produção de biomassa – transformação – geração de produto final de valor econômico, promovendo a geração de emprego e renda na região.

Em primeiro lugar, há de se levar em consideração as premissas do desenvolvimento sustentável, assumindo o compromisso de buscar soluções socialmente justas, economicamente viáveis e ambientalmente corretas para a cacauicultura. Além disso, os conceitos de circularidade econômica e estudo do ciclo de vida dos produtos também se farão presentes, dada à necessidade de desenvolver novos sistemas produtivos que atuem fora do padrão extrair-produzir-consumir-descartar. Como solução a esse antigo padrão produtivo, surge a economia circular, um modelo econômico regenerativo e restaurativo por princípio, que tem por objetivo de manter os produtos, componentes e materiais em seu mais alto nível de utilidade e valor durante a maior parte do tempo. Tal circularidade econômica é vital ao considerarmos que resíduos de algumas cadeias produtivas podem servir como insumo para outras, diminuindo ou anulando as taxas de resíduos e desperdícios. Torna-se necessário, então, a gestão dessas cadeias produtivas, com destaque para a do cacau, considerando toda a produção, logística e consumo final, bem como eventuais descartes e/ou reaproveitamentos e também como quaisquer emissões ou poluições decorrentes do seu ciclo produtivo.

Nesse sentido, o objetivo geral deste trabalho é aplicar as premissas da bioeconomia circular para agregação de valor à cacauicultura nacional. Como objetivos específicos, temos: 1) Identificar estudos dentro da cacauicultura que já utilizaram a bioeconomia circular com o fim de agregação de valor; 2) Elaborar diretrizes e recomendações para elaboração de novas propostas dentro do contexto da bioeconomia circular para a cacauicultura nacional.

Material e Métodos

Modelo Conceitual

Bioeconomia Circular

A construção do modelo conceitual em Bioeconomia Circular foi com a intenção de dar suporte a sua utilização direta no manejo e condução da cacauicultura, e embasar a elaboração de diretrizes e recomendações para um plano de ação mais amplo que contemple todos os aspectos da cadeia produtiva do cacauero.

Os termos “desenvolvimento sustentável” e “ecodesenvolvimento” emergiram na década de 1970 com o objetivo de alertar a humanidade acerca dos limites dos modelos de produção então vigentes, baseados na utilização predatória de recursos naturais, no uso intensivo de recursos não renováveis, na emissão de poluentes na atmosfera e na reprodução de desigualdades sociais (Montibeller Filho, 1993).

Ao longo das décadas subsequentes, o debate em prol da sustentabilidade se intensificou, com destaque maior nas diversas conferências sobre o meio ambiente realizadas no âmbito da Organização das Nações Unidas (ONU).

O processo de transição estrutural dos sistemas produtivos tem uma perspectiva de longo prazo. Nos últimos anos, houve intensificação dos alertas de riscos socioambientais – a chamada emergência climática –, preconizando a necessidade de acelerar a adoção de práticas socioambientais por parte de empresas, governos e sociedade em geral no sentido de consolidar o quanto antes o paradigma do desenvolvimento sustentável.

Expressões como “economia verde” e “economia de baixo carbono” apontam a necessidade de redução da emissão de gases poluentes na atmosfera, enquanto matrizes energéticas vêm sendo alteradas no sentido de ampliar a produção e o consumo de energias renováveis, por exemplo.

Dessa forma, importa que o crescimento econômico com redução da pobreza possa estar baseado em investimentos em capital natural e, portanto, que a estrutura da economia mude na direção dos setores/tecnologias ‘verdes’ ou ‘limpos’, que vão substituindo os setores/tecnologias ‘sujos’ ou ‘marrons’ (CGEE, 2012).

Nesse contexto, emerge também a chamada economia circular, cuja premissa é o uso mais racional dos recursos por meio da redução de desperdícios no sistema produtivo, da reciclagem e do reuso de materiais (Cechin e Veiga, 2010).

No campo corporativo, práticas de responsabilidade socioambiental e critérios ambientais, sociais e de governança (ASG) ganham, a cada dia, mais força nas estratégias de investimento das empresas (Ambrozio et al., 2020), apontando para a crescente valorização das práticas sustentáveis e para a compreensão dos impactos das ações não sustentáveis no resultado das companhias.

Governos e empresas, caminhando na mesma direção, também têm aperfeiçoado métricas e indicadores de desenvolvimento sustentável para dar conta do cumprimento da missão, desde o índice de desenvolvimento humano (IDH) (PNUD, 2012) até os atuais objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS) da ONU.

A Bioeconomia é um modelo econômico que estuda os sistemas biológicos e recursos naturais aliados à utilização de novas tecnologias. Para a ONU, a bioeconomia é a “produção, utilização e conservação de recursos biológicos, incluindo os conhecimentos relacionados, ciência, tecnologia e inovação, para fornecer informações, produtos, processos e serviços em todos os setores econômicos, visando uma economia sustentável” (MJV, 2023).

No debate global, o termo “bioeconomia” surge ainda na década de 1970 com a abordagem biológica da teoria econômica, por meio da qual se propunha que o sistema econômico é parte da natureza, e não o contrário, segundo Pamplona et al. (2021), citando Cechin e Veiga (2010) e Georgescu-Roegen (1971). Até então, ensinava-se economia exclusivamente por meio de uma visão fechada do sistema econômico, o que muda a partir de um novo entendimento baseado na segunda lei da termodinâmica (a lei da entropia). Em resumo, a lei da entropia estabelece que haja uma tendência irreversível de degradação de energia no processo de transformação produtiva, agravada e acelerada pela utilização de recursos não renováveis. Nesse sentido, a capacidade de manutenção da organização do sistema natural é ampliada à medida que se pode aumentar a “vida útil” dos recursos. Dessa visão, também emergiram, além da ideia de

bioeconomia, a economia ecológica e a economia circular.

Assim, considerando a definição de bioeconomia como circunscrita ao âmbito de uma economia verde, de baixo carbono e circular, parte-se de uma visão em que a natureza, mais do que uma provedora de recursos (renováveis ou não), é provedora de serviços ecossistêmicos fundamentais para a manutenção da vida de maneira geral.

Segundo a European Commission (2022b), a bioeconomia é um facilitador natural e resultado da transformação do Acordo Verde Europeu (*European Green Deal*). A governança da bioeconomia é crucial para maximizar sinergias e resolver compensações. As políticas públicas ligadas à bioeconomia devem ser construídas em todas as dimensões da sustentabilidade, ou seja: (1) no manejo da terra e dos recursos biológicos dentro dos limites ecológicos; (2) nas cadeias de valor e consumo sustentáveis; e (3) na justiça social e transição justa.

Nesse contexto, a governança da bioeconomia é crucial para maximizar os efeitos sinérgicos das políticas setoriais, criar condições equitativas e enquadrar critérios de sustentabilidade coerentes em todas as áreas políticas. Promover a cooperação interministerial, a coerência política e a coordenação vertical a nível local, nacional, da UE e internacional permite que a bioeconomia atinja o seu potencial.

O Sistema de Monitoramento da Bioeconomia da União Europeia - UE é estruturado hierarquicamente para garantir a cobertura dos objetivos da estratégia. Esses objetivos amplos são divididos em critérios normativos, que são subdivididos em componentes-chave, conforme descrito pela Comissão Europeia (2022). Essa estrutura aninhada permite a agregação dos indicadores aos diferentes níveis da hierarquia. Os objetivos estratégicos de bioeconomia circular da UE são: segurança alimentar, sustentabilidade dos recursos naturais, recursos não renováveis, mudanças climáticas e competitividade e criação de empregos.

Dentro dos critérios normativos para a segurança alimentar, temos que a segurança alimentar e nutricional são apoiadas e o comércio sustentável de alimentos é fomentado. Seus componentes-chave são a disponibilidade, o acesso, a utilização, a estabilidade, o impacto econômico do comércio, o impacto ambiental do comércio e o impacto social do comércio.

Quanto aos critérios normativos para a sustentabilidade dos recursos naturais, tem-se que a capacidade do ecossistema para produzir serviços é mantida ou aprimorada, os setores de produção primária são geridos de forma sustentável. Seus componentes-chave são a qualidade ambiental, os atributos do ecossistema, a diversidade e abundância de espécies, o estado de conservação, as pressões da silvicultura, as pressões da agricultura, os serviços de provisionamento, os serviços de regulação e os serviços culturais, entre outros aspectos.

Quanto aos critérios normativos para os recursos não renováveis, tem-se a eficiência dos recursos, a prevenção de resíduos e a reutilização de resíduos são melhoradas, a perda e o desperdício de alimentos são evitados ou minimizados, a produção e o consumo sustentáveis são promovidos, os padrões de consumo correspondem a níveis sustentáveis de abastecimento de biomas, o comércio sustentável de biomas não alimentares é fomentado e a sustentabilidade dos centros urbanos é reforçada. Seus componentes-chave são a eficiência de recursos, a eficiência energética, a prevenção de resíduos biogênicos, a minimização de resíduos alimentares, a minimização do consumo, a pegada ecológica do consumo, o consumo e demanda, a produção, a dependência reduzida de não renováveis, o impacto econômico do comércio, os impactos ambientais, o impacto social do comércio e o bem-estar dos cidadãos.

Quanto aos critérios normativos para as mudanças climáticas tem-se que a mitigação e a adaptação das mudanças climáticas são buscadas e a sustentabilidade urbana é aprimorada. Seus componentes-chave são a mitigação, a adaptação e a resiliência.

Por fim, com base em relatórios da European Commission (2022a), quanto aos critérios normativos para a competitividade e criação de empregos, tem-se que o desenvolvimento econômico é fomentado, o crescimento econômico inclusivo é fortalecido, a resiliência da economia rural, costeira e urbana é reforçada, o conhecimento existente é valorizado, a geração de conhecimento e a inovação são promovidas e o mecanismo de mercado e a coerência das políticas são aprimorados. Seus componentes-chave são a bioeconomia enquanto economia, o valor adicionado, a exportação, a vantagem comparativa, o emprego na bioeconomia, as condições de trabalho, a igualdade e

inclusão, a infraestrutura física, o investimento em áreas rurais e costeiras, a diversificação da renda rural, a renda dos produtores primários, o conhecimento sobre tecnologias, a educação de alto nível, a pesquisa e inovação, os mecanismos de mercado e a competição de recursos (<https://data.europa.eu/doi/10.2777/997651>).

Bastos et al. (2022) chegaram à conclusão de que as proposições da Bioeconomia apontam para uma transição tecnológica de uma economia baseada em energias fósseis para uma economia baseada em fontes renováveis das biomassas, um meio de sequestro de carbono. Por sua vez, as proposições da economia circular buscam romper com o ciclo fechado extrair-produzir-descartar, alternando-se para o reaproveitamento racional dos resíduos no ciclo produtivo mais limpo. As proposições da chamada agroindústria 4.0 trazem a conexão em rede digital, de sistemas físicos, sob o suporte da tecnologia da informação e comunicação, um direcionamento alternativo de formação de cadeias produtivas agroindustriais mais sustentáveis e inteligentes. Assim, questiona-se o quanto às abordagens teóricas e às respectivas proposições tecnológicas da bioeconomia, da economia circular e da agroindústria 4.0 estão alinhadas para o sequestro de carbono.

Ainda, segundo Bastos et al. (2022), os resultados apontaram para a existência de uma transição da abordagem conceitual inicial da Bioeconomia para uma nova vertente, a bioeconomia, com vista ao sequestro de carbono. Refletiu-se que as abordagens conceituais e as proposições tecnológicas da bioeconomia estão relativamente alinhadas com as da economia circular e ambas estão igualmente alinhadas com a agroindústria 4.0. Refletiu-se também em relação às restrições evidenciadas entre as três proposições, e sobre os desafios a serem superados.

As políticas públicas de bioeconomia visam a construir um modelo bioeconômico baseado em todas as dimensões da sustentabilidade. Elas permitem que todas as pessoas desfrutem de um estilo de vida ‘de base biológica’, fornecendo-lhes materiais de base biológica (alimentos, fibras, materiais de base biológica, energia) e não materiais (ar e água limpos, biodiversidade, mitigação e adaptação climática, recreação) produtos e serviços, contribuindo assim para os objetivos da *New European Bauhaus* e seus valores de

sustentabilidade com inclusão e qualidade de experiência (European Parliament, 2015).

A extração verde e sustentável de compostos bioativos de resíduos FSC e sua otimização desempenham um papel importante no desenvolvimento de biorrefinarias integradas de resíduos de manga, impulsionando a viabilidade dessa plataforma agroindustrial (Zuin et al., 2020). Este trabalho mostrou que é possível adquirir condições ótimas para uma extração rápida, que pode ser potencialmente ampliada para níveis industriais, usando um conjunto de ferramentas quimiométricas. Assim, esta abordagem pode agregar valor aos processos de valorização de resíduos, oferecendo uma forma mais eficiente, barata e limpa de projetá-los, desenvolvê-los e aplicá-los a muitos casos de resíduos agroindustriais em todo o mundo, inclusive o do cacau. Portanto, um método analítico estatisticamente robusto pode ser um dos gatilhos para criar um valor verde positivo na cadeia de abastecimento de alimentos e desenvolver práticas industriais aprimoradas e sustentáveis por meio da química verde e da economia biocircular, especialmente importante para enfrentar a crescente demanda global, desafios e alcançar os ODS da ONU.

De acordo com Bakan et al. (2022), hoje, os processos não podem ser entendidos como unidades autônomas, e os critérios de otimização devem incluir múltiplas dimensões e serem analisados a longo prazo. As principais consequências são que: (i) os processos para economia circular devem ser projetados para modularidade (devido a múltiplos e escassos canais de fornecimento, quantidade variável de recursos e outras restrições), para resiliência (devido a eventos inesperados, como escassez de matérias-primas disponíveis) e devem combinar fortes credenciais de saúde pública e segurança; (ii) ferramentas matemáticas e otimização multicritério devem ser consideradas e incorporadas em estudos experimentais para avaliar a relevância de seus objetivos em termos de suas dimensões econômica, ambiental e social; (iii) a aceitação pública deve ser considerada desde o início e não, como muitas vezes acontecia no passado, após a otimização da inovação; (iv) a legislação tem de ser reavaliada regularmente para se adaptar aos novos conhecimentos científicos e desenvolvimentos técnicos. Além disso, em termos de produtos de origem biológica,

é importante passar da produção de biomoléculas de valor agregado para substituir as moléculas de origem do petróleo para um paradigma de biofuncionalidade - em outras palavras, não é a molécula em si que deve ser substituída, mas o serviço que ela traz.

Sob essa perspectiva, necessita-se de uma visão sistêmica, com o conhecimento de todo o fluxo dos complexos agroindustriais, a fim de permitir a integração entre os vários elos. Assim, circulam recursos naturais, insumos e resíduos. A circularidade traz benefícios econômicos, ambientais e sociais (Ellen MacArthur Foundation, 2013). Esses benefícios, por sua vez, devem ser quantificados e qualificados, apontando para a necessidade de indicadores nessas três dimensões.

De acordo com a visão de futuro da Embrapa (2022a), dentro das megatendências/sustentabilidade para que sistemas agropecuários sejam circulares e sustentáveis, há ainda algumas exigências (Esposito et al., 2020): a) mudança da cultura linear para circular; b) do profissional especialista para o especialista com visão de todos os aspectos que influenciam em sua especialidade (Palhares, 2019); 3) de políticas públicas e programas pontuais para abordagens de longo prazo e que prezem pela integração de todas as partes e atores que compõem os sistemas agropecuários (Hamam et al., 2021).

Ainda segundo a Embrapa (2022b), o grau de transformação das agroindústrias varia conforme o objetivo dos empreendimentos produtivos, os quais, por sua vez, variam de acordo com o insumo/produto fornecido ao consumidor final. Comparado a outros segmentos industriais, a agroindústria apresenta certa peculiaridade devido a três características fundamentais das suas matérias-primas: sazonalidade, perecibilidade e heterogeneidade. Podemos notar uma grande quantidade de produtos obtidos por meio do processamento agroindustrial, com várias cadeias de valor surgindo a partir daí: materiais diversos, insumos químicos para agricultura, energia, biocombustíveis e alimentos e rações para animais. Por sua vez, observa-se que os processos agroindustriais podem gerar resíduos diversos, tanto no estado líquido, quanto no sólido e no gasoso. São exemplos desses resíduos: líquidos do meio reativo gerados na produção de insumos químicos e biocombustíveis; gás (ex.: CO₂) dos processos de combustão para a produção de

energia; resíduos sólidos lignocelulósicos; líquidos com alto teor de matéria orgânica, gerados na produção de alimentos e ração animal; entre outros.

A estimativa da geração anual global de resíduos da produção de biomassa de origem agrícola e do seu processamento é da ordem de 140 Gigatoneladas - Gt (Tripathi et al., 2019), apresentando significativos problemas de manejo - uma vez que a biomassa descartada pode levar a impactos ambientais negativos. Já a geração de resíduos de biomassa agrícola vegetal proveniente dos quatro principais países produtores agrícolas (China, EUA, Índia e Brasil, respectivamente) é da ordem de 2,5 Gt (Bentsen and Felby, 2010). Tais resíduos podem ser utilizados como matéria-prima para diversos produtos, desde energia a insumos químicos. Assim, a enorme produção agrícola global gera, também, uma grande produção de biomassa residual, por meio de seus sistemas de cultivo e de processamento, com tal resíduo podendo ser utilizado como matéria-prima sustentável, indo ao encontro do modelo de economia circular. Os seguintes exemplos de segmentos de mercado podem ser impactados positivamente pelo uso de biomassa residual como matéria-prima (Vaz Junior, 2018):

- Polímeros e materiais para várias aplicações, como os plásticos verdes.
- Produtos químicos, como monômeros para a produção dos citados plásticos verdes.
- Produtos farmacêuticos, cosméticos e produtos de higiene, como o xilitol, utilizado nas indústrias farmacêutica e cosmética; e a glicerina, usada na produção de produtos de beleza.
- Produtos de química fina, como agroquímicos (ex.: fertilizantes e pesticidas de liberação lenta) e especialidades (ex.: biolubrificantes).

Cabe ressaltar que o suprimento global de biomassa vegetal corresponde a 11,4 Gt por ano em matéria seca (Agência Internacional de Energia, 2017). No entanto, a quantidade e a qualidade dependem do sistema de plantio e da produção agroindustrial em cada país, o que determina a necessidade de padronização do mercado, de modo a promover os seguintes resultados:

- A redução na geração de resíduos, por meio do uso de todos os subprodutos e/ou coprodutos gerados durante o processamento;
- A criação de novas cadeias de valor a partir do aproveitamento de resíduos.

Desse modo, quando se associa a economia circular ao aproveitamento da biomassa residual, torna-se possível visualizar todas as implicações econômicas, sociais e ambientais nas cadeias de biomassas agroindustriais, podendo-se obter maiores receitas aliadas à maior sustentabilidade de produtos e processos.

A economia circular é definida como um conceito estratégico que tem por finalidade garantir a redução, reutilização, recuperação e reciclagem de materiais e energias, criando um ciclo econômico de menor descarte e desperdício possível. O conceito desta economia baseia-se em mecanismos de ecossistemas naturais, que gerem os recursos em longo prazo num processo contínuo de reabsorção e reciclagem. A economia circular promove um modelo econômico reorganizado, através da coordenação dos sistemas de produção e consumo em circuitos fechados.

No modelo econômico circular, o gerenciamento de materiais é um fator determinante. A substituição de materiais que possam afetar o meio ambiente por materiais sustentáveis que possam ser reinseridos no ciclo econômico é um fator importante. A busca de materiais que tenham uma vida útil mais duradoura é outro ponto chave deste conceito econômico.

O foco da economia circular ultrapassa as ações de gestão de resíduos e de reciclagem, visando desde o desenvolvimento de novos processos, produtos e novos modelos de negócio e vai até o gerenciamento de recursos e otimização da utilização dos recursos, conforme ilustrado na Figura 1.



Figura 1. Foco da Economia Circular. Fonte: <https://terracoeeconomico.com.br>

O mundo vem evoluindo com o crescimento populacional, aumento da procura e consequente pressão e preocupação do gerenciamento de recursos, sublinhando a necessidade de ações e modelos sustentáveis, uma economia preocupada com o ecossistema e que ainda assegure o desenvolvimento econômico, melhoria da condição de vida, emprego e preservação de áreas verdes.

A economia circular está ganhando destaque em nível global como alternativa atraente à economia linear de extração, transformação e descarte, o que oferece uma oportunidade para que a sociedade prospere ao mesmo tempo em que reduz sua dependência de materiais finitos e fontes de energia não renováveis. Uma pesquisa conjunta da (*Ellen MacArthur Foundation, 2016a*) com o *McKinsey Centre for Business and the Environment* e a SUN mostrou que, com a adoção de princípios da economia circular, a Europa pode canalizar a iminente revolução da tecnologia digital em um cenário de economia circular para aumentar o PIB em € 1,8 trilhão até 2030. Uma análise similar, também realizada pela (*Ellen MacArthur Foundation, 2016b*) indicou que, em 2050, uma trajetória de desenvolvimento fundamentada na economia circular pode proporcionar à Índia benefícios anuais de US\$ 624 bilhões, o equivalente a 30% do atual PIB do país.

Conclusões preliminares mostram que a transição para a economia circular poderia gerar oportunidades de mais inovação e criação de valor no Brasil. Com características mercadológicas e sociais únicas e um capital natural incomparável, o Brasil é um cenário atraente para a exploração de oportunidades que a economia circular poderia trazer para a construção do capital econômico, social e natural.

Uma economia circular é restaurativa e regenerativa por princípio. Seu objetivo é manter produtos, componentes e materiais em seu mais alto nível de utilidade e valor o tempo todo, distinguindo entre ciclos de materiais técnicos e biológicos (*European Environment Agency, 2018*) (Figura 2). Essa abordagem busca, em última instância, dissociar o desenvolvimento econômico do consumo de recursos finitos e eliminar externalidades negativas da economia (CE 100 Brasil, 2017; CNI 2017 e 2019).

DEFINIÇÕES DA ECONOMIA CIRCULAR

PRINCÍPIO

1

Preservar e aprimorar o capital natural controlando estoques finos e equilibrando os fluxos de recursos renováveis
Alavancas ReSOLVE: regenerar, virtualizar, trocar

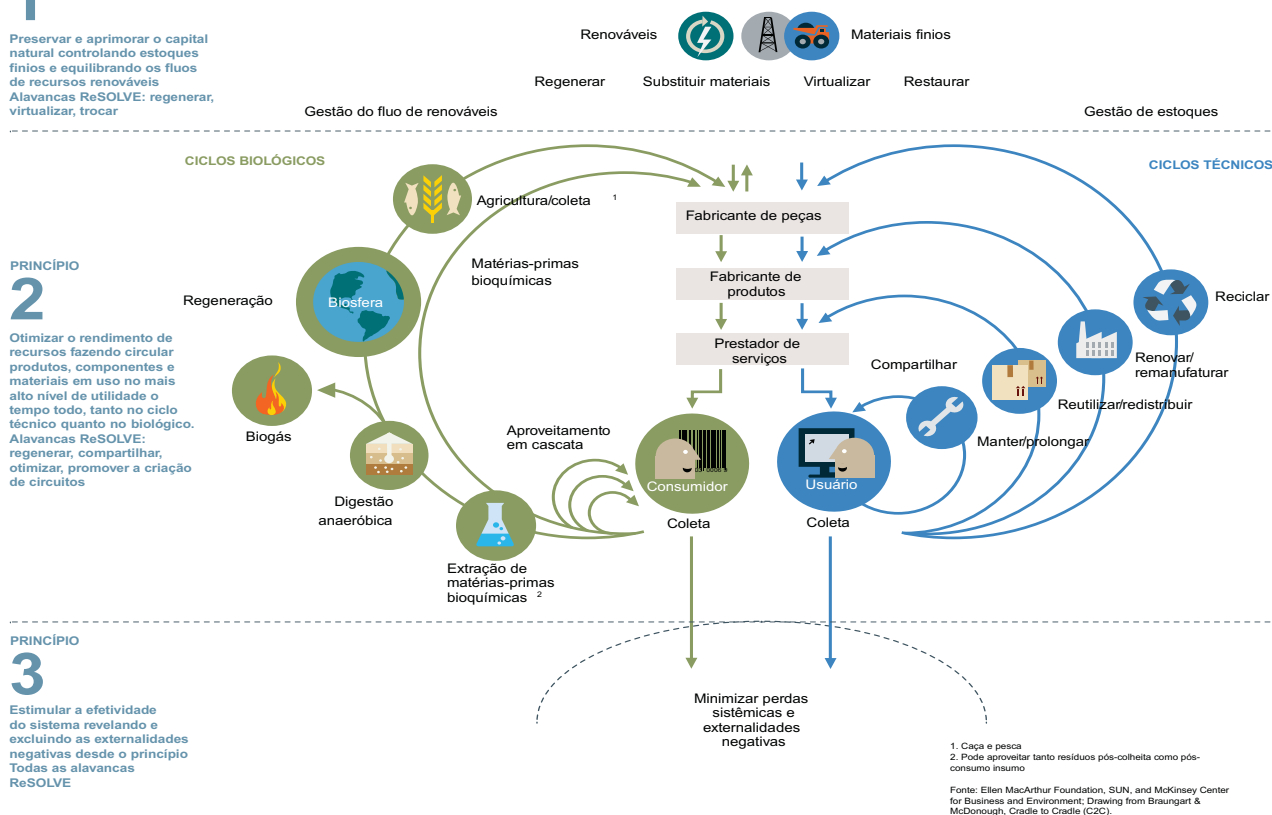


Figura 2. Diagrama do Sistema da Economia Circular. Fonte: com base em tradução de CE 100 Brasil (2017), a partir de European Environment Agency. 2018/Ellen MacArthur Foundation – 2017/2022.

Os princípios por trás da economia circular não são completamente novos no Brasil e começaram a surgir em bolsões de atividade em todas as regiões do país. Empresas e outras organizações veem esses princípios como fatores orientadores da inovação com potencial comprovado de criação de valor e como uma oportunidade de se diferenciar no mercado, mesmo em tempos de turbulência econômica e limitações orçamentárias.

Enveredando-se pela agricultura e ativos da biodiversidade, são identificadas várias possíveis oportunidades de transição para a economia circular em três setores de foco. Esses indicadores iniciais devem ser compreendidos como áreas a serem mais exploradas por empresas, instituições acadêmicas e formuladores de políticas (CE 100 BRASIL, 2017), assim, ressaltam-se os seguintes aspectos:

1. Ampliar esforços existentes em modelos de negócio regenerativos em agricultura e ativos da biodiversidade. A aplicação de modelos regenerativos na agricultura e em bioeconomias urbanas e rurais poderia restaurar a grande reserva de capital natural do Brasil, aumentar a diversidade biológica, fechar ciclos de nutrientes, aumentar o conteúdo nutricional dos alimentos e, simultaneamente, aumentar a produção agrícola e sua lucratividade.

2. Estimular o desenvolvimento do ainda incipiente setor de biointeligência. A combinação do grande capital natural e da diversidade social do Brasil resultou na reunião de um amplo conhecimento sobre os ativos da biodiversidade brasileira. Isso deve ser aproveitado para que o Brasil possa aplicar essa biointeligência de forma mais ampla em seu território e em cadeias de valor globais.

3. Alavancar a tecnologia digital para destravar o potencial de economia circular na bioeconomia. É possível usar a tecnologia em cadeias de suprimento digitalizadas para facilitar a troca de recursos e conhecimentos, além de soluções de compartilhamento de ativos. Isso aumenta a transparência nos mercados do setor e produz economias de escala agrupadas para pequenos produtores rurais (sem que, para isso, eles precisem dar escala às suas atividades).

De acordo com a Iberdrola (2022), a bioeconomia visa impulsionar o desenvolvimento sustentável e a circularidade. Mais especificamente, os princípios da economia circular (reduzir, reutilizar e reciclar) são uma parte fundamental da economia biológica. Através da redução, reutilização e reciclagem, é possível diminuir a quantidade total de resíduos e seu consequente impacto. Também permite economizar energia, minimizar a poluição do solo, do ar e da água, contribuindo assim para evitar danos ao meio ambiente,

ao clima e à biodiversidade. A Figura 3 mostra porque se precisa de uma bioeconomia sustentável e circular.

Assim, o Plano de Ação em Ciência, Tecnologia e Inovação em Bioeconomia - PACTI, do MCTIC/CGEE, (2018) tem como diretrizes gerais: 1. Uso sustentável de processos, de recursos biológicos renováveis e da biodiversidade dos biomas Mata Atlântica e Floresta Amazônica em substituição às matérias-primas fósseis; 2. Ações integradas para a garantia da segurança hídrica, energética e alimentar das populações; 3. Ações integradas para o desenvolvimento de bionegócios e bioprodutos; 4. Excelência científica e de negócios; 5. Desenvolvimento sustentável e economia circular. As iniciativas elencadas neste Plano levarão em consideração as premissas do desenvolvimento sustentável, assumindo o compromisso de buscar soluções socialmente justas, economicamente viáveis e ambientalmente corretas.



Figura 3. Por que precisamos de uma bioeconomia sustentável e circular. Fonte: com base em Iberdrola (<https://www.iberdrola.com/sustentabilidade/bioeconomia-isso-e>), a partir de European Commission (2022).

Resultados e Discussões

Identificar estudos dentro da cacauicultura que já utilizaram e utilizam a bioeconomia circular para agregação de valor.

A bioeconomia circular já vem ganhando espaço na cacauicultura baiana e nacional há muito tempo, seja através de projetos visando o aproveitamento integral do fruto do cacaueteiro, seja através da conservação da Mata Atlântica quando se plantou o cacau no "sistema cabruca", preservando toda a floresta e sua biodiversidade.

De acordo com a CEPLAC (1984), o Projeto de Aproveitamento Integral dos Recursos da Empresa Cacaueteira (Projeto PAI) objetivou modificar o sistema de manejo da propriedade, de modo a diversificá-la e melhor aproveitar os recursos naturais. Como o próprio nome indica, o estudo procurou utilizar integralmente o fruto do cacaueteiro, aproveitando um grande número de subprodutos e resíduos. A implementação das atividades objetos de pesquisa do projeto PAI, respeitadas as características de cada fazenda, visou aumentar o valor adicionado, o produto e a receita ou ingresso do imóvel, diminuindo-lhe os riscos decorrentes das flutuações de preços de produtos isolados e proporcionando-lhe maior eficiência no emprego do seu elenco de recursos.

O Projeto PAI foi um projeto mais abrangente de aproveitamento de subprodutos e resíduos. É basicamente um sistema integrado de manejo da propriedade, aplicável às fazendas que possuam ou pretendam se preparar para efetuar todas ou algumas das seguintes operações:

- Modificação do método tradicional de movimentação do cacau na propriedade, transportando-se o fruto inteiro para as instalações de beneficiamento, pelo menos em quantidades suficientes às necessidades de matéria-prima (casca e polpa de cacau) para obtenção dos subprodutos;

- Quebra mecanizada dos frutos de cacau, para evitar descontinuidade e melhorar as condições higiênicas na linha de processamento dos subprodutos;

- Aproveitamento do mel de cacau ou da polpa do cacau para fabricação de geléia, suco, fermentados e destilados;

- Aproveitamento da casca dos frutos. Ela pode ser usada na alimentação animal, produção de energia, adubação, entre outras;

- Utilização da energia obtida da casca para iluminação, geração de eletricidade, cocção de alimentos e secagem de cacau, bem como de outros produtos agrícolas;

- Utilização na adubação orgânica, sob a forma de composto a biofertilizantes, em cultivos alimentares (hortaliças, mandioca, milho, etc.);

- Emprego de biofertilizantes ou do composto na criação de peixes.

O modelo integrado é resumido na Figura 4. Nesse estudo foram relacionados às operações recomendadas, analisando-se os conhecimentos atuais e novos a adquirir em outras pesquisas em progresso fora e dentro da CEPLAC.

A utilização integral dos subprodutos da indústria de cacau de Gana foi investigada e foi desenvolvida a coleta em larga escala da transpiração do cacau (ou seja, o líquido que escoa da amêndoa fresca quando exposto ao ar) usando os métodos da cesta e da caixa de suor. Verificou-se que a coleta e fermentação alcoólica da sudação podem ser feita pelos próprios agricultores. A sudação fermentada tinha um nível de álcool de 7-10% (p/p). As cascas de cacau secas também têm sido usadas com sucesso para a produção de potássio ou como fonte de combustível (Agyeman and Oldham, 1986).

Segundo os mesmos, no beneficiamento da casca de cacau em secador tubular de convecção natural, o balanço energético foi negativo e o uso dessa como combustível no sistema gaseificador/combustor/secador proposto foi realizado normalmente, pois a temperatura foi efetivamente controlada, assim como os níveis de contaminação do ar de secagem; quando se utilizou a casca de cacau, mantiveram-se próximos à outra biomassa, que geralmente é utilizada para esse fim. Além desses, testes realizados com a casca de cacau foram dimensionados para um sistema gaseificador/combustor/secador que foi acoplado a um secador do tipo Plataforma CEPEC, verificando-se similaridade a outros sistemas empregados nesse tipo de transformação da biomassa. Portanto, esses sistemas podem ser utilizados, pois os níveis de Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos - HPAs nas

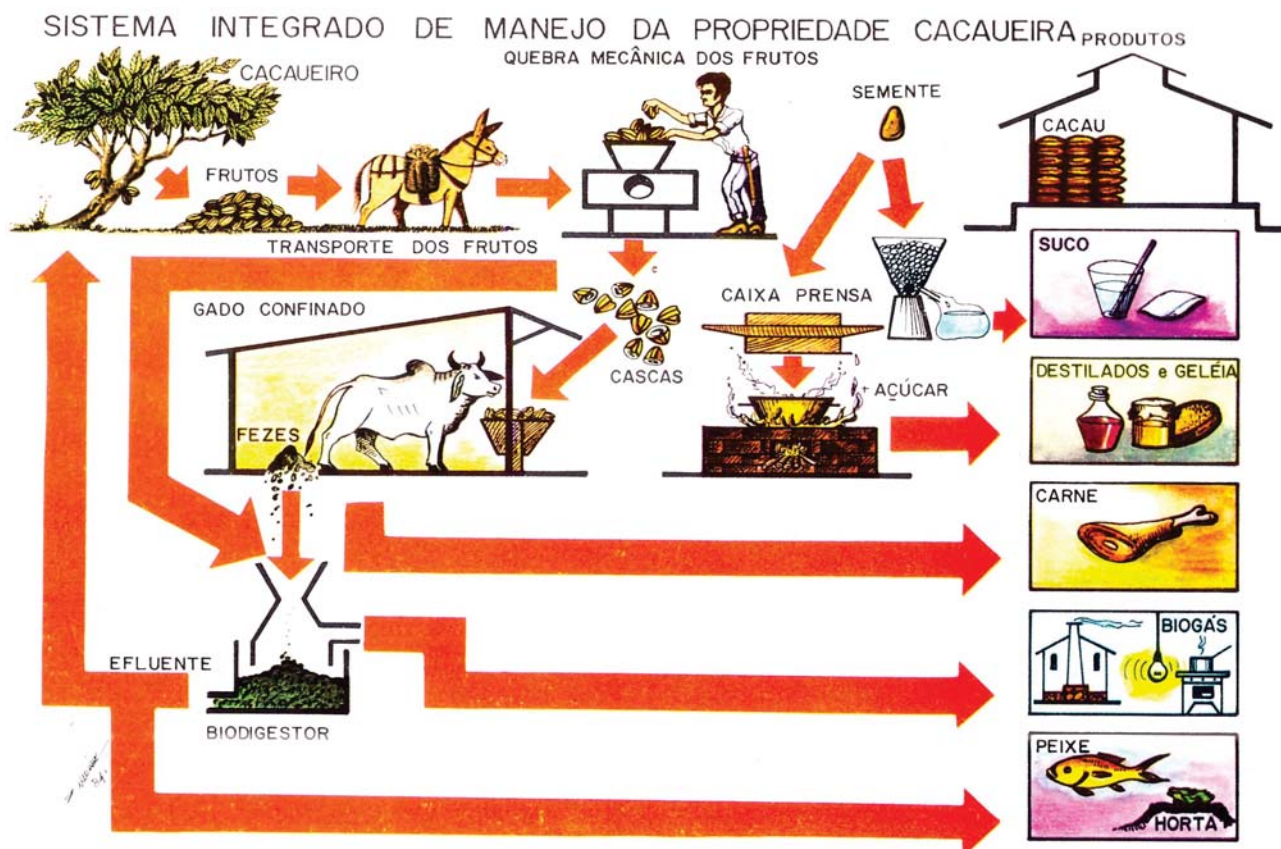


Figura 4. Sistema integrado de manejo da propriedade cacaueira. Fonte: CEPLAC (1984).

amêndoas processadas apresentaram-se abaixo dos permitidos pela legislação europeia. Dessa forma, a casca de cacau pode ser utilizada como combustível em sistema de geração direta de calor criado por sistema gaseificador/combustor substituindo as fornalhas, geralmente empregadas em secadores de cacau.

A composição das cascas das amêndoas do cacau (CPHs), que é o principal resíduo da produção de cacau, e algumas das características de suas pectinas solúveis em água, foram investigadas. CPHs moídos e secos foram submetidos a extrações aquosas a quente (50 e 100°C, 90min, 1:25, p/v) (Vriesmann et al., 2011). As frações obtidas (rotuladas 50W e BW, respectivamente) renderam 7,5 e 12,6% de pectinas, respectivamente. A composição monossacarídica revelou predominância de ácido urônico, seguido de galactose, ramnose e arabinose, característicos das pectinas. Análises químicas e espectroscópicas (FT-IR e ¹³C NMR) mostraram que ambas as frações continham altos teores de acetil (DA 29,0 e 19,2%,

respectivamente) e são compostas por homogalacturonanos de baixo metoxil (DE 37,0 e 42,3%, respectivamente) com inserções de ramnogalacturonano carregando cadeias laterais contendo principalmente galactose. As análises reológicas foram realizadas com 50W e BW. As soluções de ambas as frações a 5% (p/v) apresentaram comportamento de cisalhamento não newtoniano, porém a de 50W apresentou maior viscosidade aparente que a de BW. As análises dinâmicas oscilatórias mostraram que a pectina 50W a 5% (p/p) apresentou comportamento de gel fraco, enquanto na mesma concentração, a pectina BW se comportou como uma solução concentrada. Embora sejam necessárias mais investigações, o CPH parece (Vriesmann et al., 2011) ser uma fonte potencial tanto de pectinas quanto de outros agentes naturais, como fibras e fenólicos, e seu uso é particularmente justificado pela crescente conscientização ambiental.

A valorização do desperdício de alimentos está atualmente no centro das discussões e desenvolvimento

de futuros modelos econômicos que, aliados à aplicação de tecnologias verdes e sustentáveis, oferecem uma alternativa viável para mudar as práticas industriais em direção a uma bioeconomia circular.

Posteriormente, Mororó (2012), analisando a cadeia agroalimentar ampliou os subprodutos destacando que da casca triturada pode-se obter composto orgânico, biofertilizantes, ração animal, celulose, produção de energia (biodigestor), cinza (produção de sabão); do despulpamento da amêndoa pode-se obter suco, néctar, sorvete, doces e geleia; da prensagem da polpa pode-se obter o mel de cacau que através de vários processos pode-se obter o vinho, vinagre, destilados,

geleia e licor. Do processamento da amêndoa, pode-se obter o líquido que, por sua vez, por prensagem pode-se obter a torta e a manteiga. Da moagem da torta, pode-se obter o chocolate em pó, achocolatados, confeitarias, biscoitos e doces. Da manteiga, pode-se obter o chocolate branco e os cosméticos. E colocando aditivos, leite e açúcar, são obtidos chocolates diversos. Estas assertivas são mostradas na Figura 5.

A Tabela 1 apresenta os rendimentos potenciais dos derivados, coprodutos e resíduos em 1 hectare de cacau.

A polpa de cacau é um produto rico em nutrientes e apresenta boas perspectivas para industrialização

CADEIA AGRO-ALIMENTAR DO CACAU

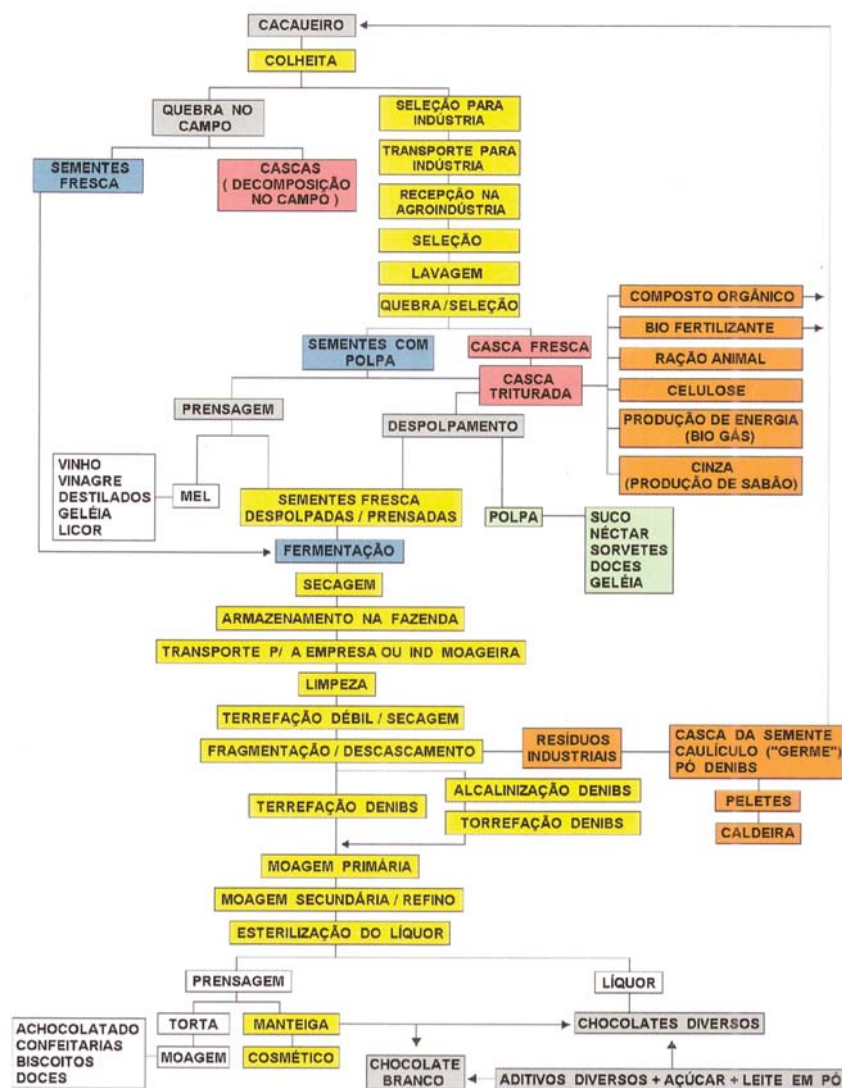


Figura 5. Diagrama geral da utilização vertical do fruto do cacau. Fonte: Mororó (2012).

devido a seu sabor característico. A Tabela 2 apresenta as características químicas e físicas da polpa de cacau.

Chepote et al. (1990) estudaram como utilizar composto de casca de cacau na adubação do cacaueiro. Mais recentemente, Sodré et al. (2012) destacaram a importância da casca do fruto como principal resíduo da cacaucultura e as possibilidades de seu uso, através da análise de nutrientes do extrato orgânico obtido por lavagem do composto de casca e de seu efeito como fertilizante potássico no solo e no crescimento de mudas de cacaueiro. O ensaio foi realizado em casa de vegetação, com aplicação de doses de extrato via solo, cultivo em tubetes e mudas

Tabela 1 - Rendimentos potenciais dos derivados, subprodutos e resíduos em 1 hectare de cacau

Especificações dos componentes	Unidade	Rendimentos em matéria prima
Frutos de cacau	Kg	17.000 a 20.000
Sementes frescas com polpa	Kg	1.700 a 2.000
Casca fresca	Kg	1.360 a 1.600
Sementes secas (8% BU)	Kg	680 a 800
Cacau torrado (1% BU)	Kg	630 a 740
Cotilédone/nibs (1% BU)	Kg	540 a 600
Tegumento (testa) + Embrião da amêndoa	Kg	88 a 104
Massa de cacau	Kg	537 a 630
Polpa de cacau ⁽¹⁾	Kg	340 a 400
Mel de cacau ⁽¹⁾	Kg	200 a 240

⁽¹⁾Extração da polpa ou do mel e não os dois subprodutos. Adaptado de Mororó (1999).

Tabela 2 - Características químicas e físicas da polpa de cacau

Características	Porcentagem
Umidade	83,57
Sólidos totais	16,43
Açúcar total	11,24
Açúcar redutor: Frutose	4,94
Glicose	4,72
Acidez: (em ácido cítrico)	0,90
Fibras	0,73
Nitrogênio Total	0,12
Aminoácido	0,003
Pectina	2,50
Minerais	0,30
Vitamina C (mg/100g)	10,00
Densidade (Kg/m ³)	1082

Fonte: Passos et al. (1986).

seminais de cacaueiro. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com três repetições, e a unidade experimental formada por nove plantas crescidas individualmente em tubetes. Os tratamentos foram 5 doses de K: zero; 125; 250; 500 e 1.000 mg de K dm⁻³ de solo. Após 120 dias da aplicação do extrato no solo, verificou-se que o pH, a saturação de bases e os teores disponíveis de Ca, Mg, K, Zn e Mn aumentaram, e o teor de Al e Fe diminuíram. Os resultados também evidenciaram que a dose de 1.000 mg K dm⁻³ de solo desequilibrava as relações K/Mg e K/Ca nas folhas com redução no crescimento das mudas. Mudas de cacaueiro apresentaram crescimento significativo em função de doses de K e, considerando a facilidade de produzir e aplicar o extrato da casca do fruto do cacaueiro, é possível usá-lo como fonte de K na produção de mudas de cacaueiro.

Um dos resíduos produzidos após a retirada da amêndoa do cacau do fruto é a casca da amêndoa do cacau (CPH). O objetivo deste trabalho foi avaliar o uso de CPH como fonte de energia renovável. O CPH foi seco ao sol, triturado e peneirado para obter um tamanho de partícula inferior a 1 mm. Uma mistura de cinco gramas de CPH e aglutinante na proporção de 70% e 30% em peso, respectivamente, foi peletizada e seca a 50° C por 5 horas. A carbonização foi realizada a 400° C por 2 horas. Os resultados mostraram que CPH tem um alto valor de aquecimento de 17,0 MJ/kg. A vazão de ar e a composição do combustível afetaram significativamente o tempo de queima e o fator de emissão de CO₂. O aumento da porção carbonizada de CPH no combustível aumentou o tempo de queima do pellet. O aumento da vazão de ar e da porção de CPH carbonizada também elevou o fator de emissão de CO₂ (Syamsiro et al., 2012).

O cacaueiro é uma planta de importância econômica e principalmente cultural para a região sul da Bahia. O declínio na produção de cacau, principalmente em função da “vassoura-de-bruxa”, ocasionou mudanças regionais, nos aspectos sociais e econômicos. Com o surgimento de novas tecnologias, alterações na produção e no mercado do cacau (Gonzales et al., 2013), teve como objetivo avaliar novas perspectivas para o aproveitamento integral do cacau de forma sustentável, incluindo a utilização dos resíduos de sua cadeia produtiva no campo da

bioenergia, visto que a história da região sul da Bahia permanece vinculada à cultura do cacau. A casca do cacau pode ser aplicada na produção de biofertilizante, biogás, enzimas microbianas com segmentos biotecnológicos, briquetes, entre outros.

Estudou-se a viabilidade técnica do aproveitamento da casca do cacau para fins energéticos, em processo de conversão termoquímica (Pereira, 2013), com o levantamento do potencial de geração de energia e das tecnologias disponíveis para transformação da biomassa; a caracterização da casca de cacau; o dimensionamento de um sistema de gaseificador/combustor/secador; a obtenção e utilização da casca em chip como combustível na secagem de amêndoa de cacau e a avaliação da qualidade da amêndoa processada quanto à presença de Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPAs).

Ainda segundo Pereira (2013), com base na produção de amêndoas secas acumulada da região cacaueira da Bahia, a quantidade de casca gerada é equivalente a 107,6 MW e pode ser utilizada para gerar calor em sistemas geradores de calor e também para gerar energia elétrica em sistemas de cogeração disponíveis no mercado, como turbina a vapor, microturbina e turbina a gás. Além desse potencial, a casca de cacau apresentou condições favoráveis para ser transformada em combustível em razão de os resultados da caracterização terem sido equivalentes aos de outros resíduos que já vem sendo transformados em combustível sólidos, líquidos ou gasosos. Porém, o teor de água (84,2%) e a quantidade de cinzas (12,63%) presentes nessa biomassa podem contribuir negativamente para a sua utilização como combustível sólido.

De acordo com Müller e Gama-Rodrigues (2012), os sistemas agroflorestais associados ao cultivo do cacaueiro destacam-se como uma das tecnologias mais bem sucedidas para o plantio de cacau em diferentes regiões, mesmo naquelas onde a árvore não é endêmica, sendo possível utilizar o mesmo solo para plantação de árvores ou o seu manejo em associação com cultivos agrícolas. Cotta et al. (2008), quantificando a biomassa e geração de certificados de emissões reduzidas no consórcio seringueira-cacau, concluíram que o estoque de carbono no consórcio seringueira-cacau foi de 91,5 Mg C ha⁻¹. Desse total, 84,7 Mg C ha⁻¹ estavam estocados na seringueira, 5,2 Mg C ha⁻¹ no cacaueiro

e 1,6 Mg C ha⁻¹ na serapilheira. O carbono contabilizado no consórcio correspondeu a 336 Mg CO₂eq. ha⁻¹, que equivalem à geração de 336 CERs ha⁻¹. O consórcio seringueira-cacau apresentou capacidade para estocagem de carbono, podendo contribuir para a redução dos gases de efeito estufa na atmosfera, e isso o credencia como atividade promissora na geração de projetos candidatos ao recebimento de créditos de carbono.

Realizou-se estudo pela Universidade Federal do Pará (UFPA) em parceria com o Centro de Pesquisa do Cacau (CEPEC) da CEPLAC cuja estimativa de Biomassa para um SAF com cacaueiro na BR-230 para trinta anos de atividade é de 327 toneladas por hectare e a estimativa de Carbono Estocado é de 163,5 toneladas, com uma média de estoque de carbono de 5,4 toneladas por ano (Pereira Neto, 2012). Utilizaram-se também resíduos de biomassa de açaí e cacau para produção de energia (Rocha, 2009).

De acordo com Zugaib et al. (2017), a integração do cacaueiro e do sistema cabruca ao ecossistema regional permitiram a conservação de remanescentes florestais circundando e/ou inseridos nas áreas cultivadas, propiciando ativos e serviços ecossistêmicos e ambientais incomuns em outros sistemas agrícolas tropicais. Esse enfoque teve por objetivo contribuir para as discussões em que os serviços ecossistêmicos diretamente relacionados com a agrossilvicultura cacaueira possam ser valorados, como também, os recursos madeireiros do sombreamento do cacau em sistema cabruca sejam quali-quantificados e possibilitem serem usados como garantia em alienação fiduciária de empréstimos agrícolas.

A pesquisa supracitada foi realizada em área de cacau cabruca na Fazenda Bela Cruz, município de Barro Preto (BA), propriedade do Consórcio Interinstitucional MARS Cacau, CEPLAC, Sindicato Rural e Prefeitura Municipal de Barro Preto. O valor econômico madeireiro encontrado na pesquisa foi de R\$ 100.526,93 ha⁻¹; a biomassa arbórea de 114,9 t ha⁻¹ o que equivalem 57,5 t ha⁻¹ de carbono. O valor total para o carbono estocado (1,4 ha) foi de R\$ 2.639,22. Para efeito da receita no fluxo de caixa da capacidade de pagamento, as nascentes foram valoradas em R\$ 23,65 ano⁻¹. A análise mostrou uma taxa interna de retorno de 19% a.a., o que remunera os fatores de produção já que a taxa de desconto utilizada foi de

8,75% a.a. O valor presente líquido (R\$ 7.747,38) foi positivo e significa que a decisão é favorável à realização do investimento. O *payback*, o período de retorno do investimento, foi de sete anos e com uma relação benefício/custo de 1,27. Incluindo os valores de uso indireto (o carbono) e o de uso de opção (a água) no fluxo de caixa verificou-se que a taxa de retorno subiu para 55%, o valor presente para R\$ 26.112,25 e o *payback* diminui para quatro anos, com uma relação benefício/custo de 1,60. Os resultados comprovaram que o valor econômico é significativo para servir como garantia de alienação fiduciária, assim como, os serviços ecossistêmicos passaram a integrar o ciclo da agregação de valores ao cacau cabruca.

O estudo de Santos et al. (2021) desenvolvido na Bahia e coordenado por Instituto Arapyá/UESC, envolveu 17 fazendas no sistema cabruca, o modo de cultivo agroflorestal onde árvores nativas fazem sombra aos cacaueiros, e o levantamento do estoque de carbono, observando-se que a média do valor entre as propriedades foi de 242 toneladas de CO₂ por hectare em cabruca, sendo que, na média, o cacau representa cerca de 40% do carbono presente. Já em quantidade de carbono total, a média encontrada foi de 66 toneladas por hectare, variando de 31 a 109 toneladas. A alta variação ocorre devido às diversas quantidades, tamanhos dos indivíduos florestais e densidade da madeira de cada espécie nas propriedades.

Mardiyani, Sunawan e Pawestri (2018) estudaram a aplicação de neem ou nim (*Azadirachta indica*) como produto alelopático no armazenamento de sementes de cacau usando vários meios adsorventes locais. As sementes de cacau são recalcitrantes (o teor de água é superior a 40%) e requerem um tratamento especial. A utilização de meios adsorventes para reduzir a queda na qualidade das sementes de cacau e prolongar sua vida útil neste armazenamento não tem sido bem sucedida. Meios adsorventes locais, como serragem, areia e cinzas, têm o potencial de manter a viabilidade das sementes de cacau. O objetivo desta pesquisa foi determinar a interação da aplicação de neem como pesticida biológico e o uso de vários meios adsorventes naturais no armazenamento de sementes de cacau. Tratou-se de um estudo experimental com delineamento fatorial composto por três fatores. O primeiro fator foi o tipo de meio

adsorvente para o armazenamento da semente de cacau, que consiste em três níveis (areia de rio, cinza e serragem). O segundo fator foi a concentração de folhas de nim para tratamento pré-armazenamento com três níveis (10, 20 e 30%). O terceiro fator foi o tempo de armazenamento (10 e 20 dias).

No estudo supracitado, os resultados indicaram que a combinação dos três fatores apresentou interação significativa na altura da planta e no diâmetro do caule da muda aos 28 dias após a semeadura. O peso fresco das mudas das sementes que foram armazenadas em meio de cinzas deu um melhor resultado do que as mudas de sementes que foram armazenadas na areia do rio e a serragem como meio adsorvente. A aplicação de 20% de extrato de folhas de neem teve melhor influência para as sementes que ficaram armazenadas por 20 dias.

Recentemente, Vásques et al. (2019) desenvolveram estudos sobre o uso de subprodutos do cacau na produção de moléculas de alto valor agregado com aplicações potenciais nas indústrias alimentícia, farmacêutica e cosmética. Abordagens biotecnológicas têm se mostrado uma alternativa viável para a transformação dessa biomassa residual em produtos finos. Este estudo revisa as abordagens biotecnológicas implementadas para o manejo e exploração do subproduto do cacau. Tópicos relacionados à produção de cacau e geração de biomassa residual, sustentabilidade e valorização da cadeia do cacau são abordados e discutidos.

Em estudos sobre a atividade antibacteriana do extrato fenólico da casca do cacau contra *Escherichia coli* para processamento de alimentos, Diniardi et al. (2020) constataram que a casca da amêndoa do cacau (CPH), que é um resíduo da plantação de cacau, contém compostos fenólicos que podem ser usados como agentes antibacterianos. Os compostos fenólicos na CPH incluem ácidos fenólicos, flavonoides e flavonas. O objetivo deste estudo foi analisar a atividade antibacteriana do extrato de CPH extraído pelo método de Extração Assistida por Microondas (MAE). A extração utilizou como solvente o etanol 96% na proporção de 1:4, 1:6 e 1:8 (p/v) por 2, 3 e 4 minutos, respectivamente. Os compostos fenólicos totais foram testados quanto à sua atividade antibacteriana usando um método de disco difusão em uma concentração de extrato de 5,7,5,10 mg/mL e 15 mg/mL com três

repetições, respectivamente. O maior teor de fenólicos totais de 453 mg GAE/g extrato seco foi obtido do tratamento MAE com uma proporção de solvente de 1:4 (p/v) por 4 minutos. Os resultados da atividade antibacteriana dos extratos contra *Escherichia coli* mostraram que zonas inibitórias se formaram na concentração de 5 mg/mL. A largura da zona de inibição aumenta à medida que a concentração do extrato aumenta.

O poder consuetudinário, estratégias dos agricultores e a dinâmica de acesso a áreas florestais protegidas para agricultura tiveram implicações para a bioeconomia florestal de Gana (Kumeh et al., 2021). Na última década, vários cientistas e formuladores de políticas têm promovido a bioeconomia para a descarbonização e como forma de enfrentar as crises socioecológicas em andamento. Uma transição efetiva para a bioeconomia nos países em desenvolvimento, que são predominantemente agrários, depende em parte de sua receptividade aos regimes existentes de acesso à terra e de como os atores desses países são capazes de administrar reivindicações e necessidades concorrentes associadas ao uso da terra para produção de biomassa. No entanto, isso é pouco examinado na literatura sobre bioeconomia e política. Usando um estudo de caso de Gana, em contexto do Sul Global que aspira a uma bioeconomia baseada na floresta, verificou-se como as instituições legais e normativas sobrepostas medeiam o acesso de comunidades dependentes da floresta a terras em reservas florestais para suas necessidades alimentares e outras necessidades de subsistência.

De acordo com Kumeh et al. (2021) o estudo constatou que as instituições estatais e tradicionais estão correndo para sancionar o acesso das comunidades florestais às terras de reserva florestal, a fim de consolidar sua autoridade sobre a área. Na bioeconomia emergente, o estado emprega a silvicultura como ferramenta para consolidar seu controle. Ao mesmo tempo, as autoridades tradicionais defendem isso facilitando o acesso dos agricultores à mesma área para a produção de cacau a fim de estabelecer reivindicações sobre a terra. Em meio a essa disputa, as comunidades da floresta constroem um robusto discurso centrado em seu “direito à alimentação”, permitindo-lhes aplicar seu rico conhecimento local para cultivar alimentos e culturas

de rendimento em reservas florestais sem deferência às instituições estatais e autoridades tradicionais. Funcionários florestais do estado, por outro lado, reagem derrubando essas “fazendas ilegais”, causando insegurança alimentar periódica nas localidades de estudo. Alguns agricultores respondem adaptando seus mecanismos de acesso, cultivando áreas menos acessíveis na reserva para fugir dos oficiais florestais. O dinamismo desse conflito torna desafiador o uso sustentável dos recursos nas localidades de estudo. Mas também ele indica que, sem salvaguardas adequadas e uma política de desenvolvimento rural coerente, a bioeconomia se tornará uma abordagem para reproduzir o acúmulo opressivo de terra, impedindo as comunidades da floresta de atender às suas necessidades alimentares e de subsistência. Assim, embora as descobertas atualizem a crescente luta pela terra na África Subsaariana, as comunidades advertem que os governos precisam reconhecer que a bioeconomia, apesar de sua promessa de sustentabilidade, não oferece uma solução rápida para problemas estruturais arraigados na África rural.

Foi conduzido o desenvolvimento de nanocompósitos quaternários porá base de amido de mandioca, manteiga de cacau, nanoemulsão de óleo essencial de capim-limão (*Cymbopogon citratus*) e fibras de resíduos de cervejaria, através da produção de novos filmes nanocompósitos quaternários baseados em amido termoplástico (TPS, 8% w/v) derivado de mandioca, manteiga de cacau, (CB, 30% wt.%) e óleo essencial de capim-limão (LEO, 1: 1) nanoemulsões reforçadas com diferentes concentrações de fibras de bagaço de cervejaria (BSG, 5 ou 10% em peso), por lingotamento contínuo (Mendes et al., 2021). Sua composição química, as propriedades morfológicas, térmicas, mecânicas, película de barreira, biodegradabilidade no composto vegetal, além da aplicação em chocolates, têm sido amplamente estudadas.

Conforme o estudo supracitado, a adição de CB, LEO e BSG causou alterações relevantes nos filmes à base de amido, como aumento da extensibilidade (de 2,4-BSG5 para 9,4%-BSG10) e melhoria da barreira à umidade (2,9 e 2,4 g.mm.kPa⁻¹ h⁻¹ m⁻²). Em contraste, a estabilidade térmica do filme de amido diminuiu ligeiramente. A biodegradabilidade dos filmes de nanocompósitos quaternários aqui desenvolvidos foi

a mesma dos filmes de TPS, eliminando preocupações sobre a suplementação com ingredientes ativos que se espera que tenham algum efeito biocida. Apesar de verificar a atividade antimicrobiana apenas pelo contato sob os biocompósitos, os chocolates embalados com os filmes foram bem aceitos pelos consumidores, principalmente as amostras de chocolate branco armazenadas no biocompósito BSG5. No geral, essa nova abordagem para filmes biodegradáveis ativos quaternários produzidos em uma unidade de laminação em escala piloto foi bem-sucedida em melhorar ou pelo menos manter as propriedades essenciais de filmes baseados em TPS para aplicações em embalagens de alimentos, ao mesmo tempo em que fornece recursos e funcionalidades exclusivos. Esta contribuição refere-se a uma nova abordagem para filmes quaternários produzidos em uma unidade de laminação em escala piloto. Relaciona-se com a sustentabilidade, pois é biodegradável e baseado em biomassa vegetal, além de ser produzido por meio de um processo limpo e de alto rendimento. Os quatro componentes dos filmes comestíveis que desenvolvemos conferem-lhe um bom desempenho em propriedades, tanto como barreira passiva (ou seja, puramente física), como ativa, relacionada com os atributos sensoriais dos alimentos.

Realizaram-se estudos com a síntese verde de nanopartículas de prata (AgNPs), assistida por luz LED, usando extratos aquosos de resíduos agroindustriais, como sementes de abacate (ASs), cascas de frutos de cacau (CPHs) e cascas de laranja (OPs) (Cañadas et al., 2022). A análise de ressonância plasmônica de superfície mostrou formação de NP mais rápida e completa quando irradiada com luz LED azul.

Os mesmos autores concluíram que as análises TEM confirmaram a morfologia semiesférica dos AgNPs sintetizados, com exceção dos OP-AgNPs, que mostraram aglomeração durante a irradiação de luz. Para AS-AgNPs e CPH-AgNPs, o diâmetro médio das partículas foi de cerca de 15 nm. Curiosamente, o extrato CPH demonstrou formação de nanopartículas mais rápida em comparação com o extrato AS (100 min vs. 250 min de tempo de irradiação, respectivamente). A espectroscopia FTIR avaliou o envolvimento de diversos grupos funcionais dos fitoquímicos bioativos presentes nos extratos vegetais durante a fotobiossíntese de nanopartículas. A atividade

antioxidante, determinada pelo ensaio do poder antioxidante redutor férrico (FRAP), variou de 1323,72 $\mu\text{mol TE/mL}$ no extrato aquoso AS a 836,50 $\mu\text{mol TE/mL}$ no extrato aquoso CPH. O teor total de polifenóis foi determinado de acordo com o procedimento de Folin-Ciocalteu; o extrato aquoso AS apresentou maior teor de polifenóis (1,54 mg GAE/g) do que o extrato aquoso CPH (0,948 mg GAE/g). Antibacteriano *in vitro* os ensaios revelaram que os AS-AgNPs exibiram propriedades antibacterianas promissoras contra bactérias patogênicas (*E. coli*), enquanto os CPH-AgNPs mostraram atividade antibacteriana contra *Staphylococcus aureus* e *E. coli*. A síntese verde de AgNPs usando extratos aquosos de AS, CPH e OP relatada neste trabalho é ecologicamente correta e econômica, e abre caminho para futuros estudos relacionados à valorização de resíduos agroindustriais para a produção de nanomateriais avançados, como AgNPs antibacterianos, para potenciais aplicações biomédicas, industriais e ambientais.

Barazetti et al. (2022) estudaram as perspectivas de manejo visando maximizar a produção de metabólitos secundários de plantas medicinais em sistemas agroflorestais, e observaram que o cultivo em sistema agroflorestal representa uma alternativa de produção agroecológica de plantas com potencial econômico, tais como as plantas medicinais. A eficiência produtiva deste sistema requer estratégias de manejo adequadas e eficientes para as diferentes espécies consorciadas. O estudo teve como objetivo avaliar a biomassa da parte aérea e a produção de metabólitos secundários (óleo essencial e flavonoides) em diferentes épocas de colheita (6, 12 e 18 meses) de três espécies medicinais de interesse econômico: *Mikania laevigata*, *Varronia curassavica* e *Fridericia chica*, adubadas organicamente (composto orgânico e vermicomposto) e cultivadas em sistema agroflorestal com diferentes densidades de plantas (espaçamento). A associação de espécies medicinais com micorriza arbuscular fungos também foi avaliada e os atributos químicos do solo foram analisados antes e após a fertilização. O experimento foi conduzido no delineamento de blocos ao acaso, com quatro blocos e parcelas subdivididas no tempo, considerando as três épocas de colheita (6, 12 e 18 meses).

Na pesquisa supracitada, os autores concluíram que o cultivo de *M. laevigata*, *V. curassavica* e *F. chica*

consorciados com *Hevea brasiliensis* e *Theobroma cacao*, produziu biomassa foliar suficiente para viabilizar a produção de plantas medicinais em sistemas agroflorestais. A adubação com vermicomposto é a mais indicada para produção de biomassa seca de parte aérea, enquanto para maior teor de óleo essencial e flavonoides nas folhas de plantas medicinais, o uso de composto orgânico é mais indicado. Em relação ao período de colheita, *V. curassavica* apresentou a maior biomassa seca da parte aérea e rendimento de óleo essencial aos 18 meses, enquanto que para *M. laevigata* e *F. chica*, a maior produção ocorreu aos 12 meses. O sistema agroflorestal com menor densidade de cacauzeiros possibilitou maior produção de biomassa seca das três plantas medicinais e maior rendimento de óleo essencial de *M. laevigata* e *V. curassavica*. Para obter maiores teores de flavonoides em *F. chica*, recomenda-se o cultivo em sistema agroflorestal com maior densidade de cacauzeiros. O cultivo dessas três plantas medicinais em SAF é uma alternativa viável para a produção de metabólitos secundários de interesse farmacêutico.

Estudou-se o processamento Verde Versátil para Recuperação de Compostos Fenólicos de Extratos de Produtos Naturais para a Bioeconomia e Aproveitamento em Cascata para Valorização de Resíduos no Exemplo da Casca de Amêndoas de Cacau (CBS). No contexto das abordagens de pesquisa bioeconômica, o uso em cascata de matérias-primas vegetais faz sentido em muitos casos para a valorização de resíduos (Jensch et al., 2022). Isso não apenas garante que a matéria-prima seja utilizada da forma mais completa possível, mas também oferece a possibilidade de aproveitar seus subprodutos e fluxos residuais de maneira lucrativa. Para tornar tais usos em cascata tão eficientes quanto possível, são necessários processos eficientes e ecologicamente corretos. Para exemplificar o método versátil, por exemplo, todos os anos, 675.000 toneladas métricas de casca de amêndoa de cacau (CBS) são acumuladas como um fluxo de resíduos na indústria de processamento de alimentos em todo o mundo.

Segundo Jensch et al. (2022), um novo processo verde atinge rendimentos muito altos de até 100% em uma etapa de extração, garante baixo consumo de solventes orgânicos devido ao uso duplo de etanol como único solvente orgânico, é adaptável o suficiente para

capturar todos os tipos de metabólitos secundários de extratos de água quente e garante o aproveitamento dos carboidratos estruturais da precipitação. Um Projeto de Experimentos (DoE) foi conduzido para otimizar a influência do valor de pH e razão de fase no rendimento e pureza do sistema integrado etanol/água/sal de extração aquosa em duas fases (ATPS).

Diretrizes e recomendações para elaboração de novos projetos dentro do contexto da bioeconomia circular para a cacauicultura nacional.

Diretrizes e recomendações para elaboração de novos projetos dentro do contexto da bioeconomia circular para a cacauicultura nacional tiveram como base toda a bibliografia utilizada (CGEE, 2020a, 2020b); e principalmente o Plano de Ação em Ciência, Tecnologia e Inovação em Bioeconomia (MCTIC/CGEE, 2018).

As diretrizes gerais para o desenvolvimento da bioeconomia circular para a cacauicultura nacional deverão atender aos seguintes conceitos-chaves:

1. Uso sustentável de processos, de recursos biológicos renováveis e da biodiversidade da Mata Atlântica e da Floresta Amazônica;
2. Ações integradas para a garantia da segurança hídrica, energética e alimentar das populações;
3. Ações integradas para o desenvolvimento de bionegócios e bioprodutos;
4. Excelência científica e de negócios;
5. Desenvolvimento sustentável e economia circular.

Linhas temáticas: O presente Plano estará dividido em quatro Linhas Temáticas centrais e duas auxiliares, como exposto abaixo.

1. Biomassa de sistemas agroflorestais com cacauzeiro.

Objetivos

Promover o desenvolvimento científico e tecnológico para a produção sustentável de biomassas ligadas aos sistemas agroflorestal de cacauzeiros, inclusive com a utilização de resíduos e dejetos agroindustriais e urbanos, bem como a prospecção, domesticação e melhoramento de espécies advindas da biodiversidade brasileira, mais especificamente dos biomas Mata Atlântica e Floresta Amazônica,

permitindo serem utilizadas pelas biorrefinarias para a produção de diversos bioprodutos e com a adoção de sistemas agroflorestal de cacauzeiros mais eficientes e de menor impacto ambiental.

Contextualização

O Brasil, mais especificamente as regiões produtoras de cacau localizadas nos biomas Mata Atlântica e Floresta Amazônica, enfrentam o desafio de garantir segurança hídrica, energética e alimentar, e de promover a saúde e o bem-estar a uma população em processo de crescimento, envelhecimento e urbanização num cenário de exploração exaustiva dos recursos não renováveis e de mudança do clima. Nesse contexto, a bioeconomia surge como uma das alternativas à dependência em recursos fósseis e minerais (principalmente pela agricultura e indústria de base) ao se utilizar de recursos biológicos renováveis (biomassa) nos processos produtivos da cacaucultura. Dessa forma, a biomassa torna-se uma fonte estratégica do ponto de vista econômico, social e ambiental, criando espaço competitivo onde os biomas Mata Atlântica e Floresta Amazônica podem se inserir globalmente, gerando oportunidades à agricultura e aos setores de alimentos, materiais, produtos químicos, biocombustíveis e energia.

Justificativa

A diminuição da dependência em matérias-primas fósseis em diversos processos industriais e a substituição por biomassas é uma das prerrogativas da bioeconomia. Como consequência esperada, ter-se-ia o desenvolvimento de processos produtivos menos danosos ambientalmente, pois contribuiriam, entre outras coisas, para a diminuição da emissão de Gases do Efeito Estufa - GEE, auxiliando inclusive o país a atender compromissos internacionalmente firmados.

No entanto, cabe ressaltar que o sucesso das atividades bioeconômicas depende, em boa medida, no desenvolvimento e na utilização de biomassas de alto desempenho ou com características específicas, dependendo dos processos industriais a serem utilizados e dos produtos que se desejam obter.

Tais biomassas podem provir de atividades agrícolas convencionais como os casos da cana-de-açúcar, cacau, soja, milho, eucalipto, girassol e algodão, bem como aquelas em desenvolvimento, como é o caso da

cana para energia e da macaúba. Além disso, há consideráveis avanços na produção de microalgas.

Com o aperfeiçoamento na produção e aproveitamento industrial dessas biomassas, será possível agregar valor às commodities nacionais e diversificar a produção agroindustrial podendo diminuir déficits comerciais como o da cacaucultura. Isso só será possível por meio do desenvolvimento de uma química renovável baseada em biomassas nacionais, podendo-se produzir produtos químicos em substituição àqueles importados, sejam estes substitutos mais apropriados ou então novas moléculas com características semelhantes (*drop-in*, ou seja, idênticos aos combustíveis fósseis e que, portanto, não necessitam de adaptações para seu uso, aproveitando os ativos complementares já existentes e utilizados pelos derivados de petróleo ou *non drop-in*, respectivamente). Além disso, há a premente necessidade de sistemas produtivos mais eficientes, que promovam o uso racional de insumos tais como água, terra, produtos químicos (fertilizantes e defensivos agrícolas) e material genético e de propagação (sementes e mudas).

Ademais, outros pontos de interesse são: i) o uso de resíduos e dejetos, agroindustriais e urbanos, como insumo pelas bioindústrias; e ii) o uso sustentável da biodiversidade brasileira, por meio da prospecção, domesticação e melhoramento de novas fontes de biomassa que se mostrem promissoras. Com isso, passivos ambientais poderão se tornar ativos sociais e econômicos, assim como poderá ocorrer a valorização da biodiversidade dos biomas Mata Atlântica e Floresta Amazônica, respectivamente.

Estratégias de implementação

i. Apoio a projetos, grupos e consórcios de pesquisa, existentes ou em fase de implementação, ligados à produção, insumos, armazenamento, logística e utilização de biomassas.

ii. Aumento da competitividade por meio da revisão e adequação dos marcos regulatórios, do fortalecimento e compartilhamento de infraestruturas e do apoio a linhas de pesquisa que foquem em soluções inovadoras para problemas tecnológicos, priorizando o uso sustentável da biodiversidade brasileira e considerando aspectos relativos à segurança hídrica, energética e alimentar, e à mudança do clima.

iii. Apoio ao desenvolvimento da capacidade científica, tecnológica e de inovação em novos sistemas de produção de biomassa mais sustentáveis e na utilização racional dos recursos naturais, incluindo a biodiversidade brasileira.

iv. Negociação de parcerias institucionais nacionais ou internacionais.

v. Fortalecimento da atuação de pesquisadores brasileiros em iniciativas, projetos, programas, redes e consórcios internacionais de pesquisa e acompanhamento no tema biomassa.

vi. Fomento ao mapeamento da disponibilidade, da capacidade e potencial de produção, do acesso logístico e de utilização das biomassas nacionais no País.

Atividades e metas

i. Insumos e serviços estratégicos para a produção de biomassas

Objetivo: Apoiar projetos, programas, consórcios e redes de pesquisa para a obtenção de conhecimentos científicos e desenvolvimento tecnológico em insumos e serviços estratégicos para a produção de cacau, com foco no aumento da produtividade e melhor utilização de recursos.

Meta: Apoiar ao menos a uma ação de fomento ao desenvolvimento de insumos agropecuários de baixo impacto ambiental, prevendo a substituição de produtos importados.

Meta: Fomentar ao menos uma ação de prospecção e desenvolvimento de microrganismos inoculantes.

Meta: Cooperar na elaboração de ao menos uma ação de fomento para o desenvolvimento de equipamentos, implementos e serviços especializados para melhoria da eficiência das atividades agrícolas adaptadas às condições e biomassas brasileiras, superando obstáculos relacionados à agricultura de precisão, mecanização e automação no meio rural.

Meta: Apoiar ao menos duas ações de fomento para a realização de estudos sobre o nexo Água-Energia-Alimento e suas relações ecossistêmicas com sistemas produtivos.

Meta: Apoiar ao menos uma ação de fomento para a realização de estudos que contribuam para maior compreensão e utilização racional dos serviços ecossistêmicos de polinização.

ii. Sistemas integrados de produção

Objetivo: Fomentar e articular políticas e programas de PD&I em sistemas produtivos integrados e sustentáveis em sistemas agroflorestais com cacauieiro, preferencialmente aqueles que se proponham a utilizar áreas degradadas e em consonância aos preceitos da abordagem do Nexo Água-Energia-Alimento.

Meta: Apoiar ao menos uma ação de fomento ao desenvolvimento de sistemas integrados de produção, considerando aspectos como a eficiência no uso de recurso, o aproveitamento de áreas degradadas, a viabilidade socioeconômica, impactos ambientais e relações ecossistêmicas e que promova o adensamento, a sustentabilidade e a diversificação de culturas produtoras de biomassa, inclusive com espécies advindas da biodiversidade dos biomas Mata Atlântica e Floresta Amazônica.

Meta: Estruturar e/ou fortalecer ao menos uma rede, grupo ou consórcio de pesquisa para o desenvolvimento de novas formas de agricultura que utilizem águas não convencionais, como a agricultura bioessalina.

iii. Uso de resíduos e dejetos

Objetivo: Viabilizar conhecimentos científicos e desenvolvimento tecnológico para a utilização de resíduos agrícolas, agroindustriais e urbanos, e de dejetos líquidos de sistemas agroflorestais com cacauieiro.

Meta: Cooperar na elaboração de ao menos uma ação de fomento ao desenvolvimento de novos sistemas de saneamento ambiental que utilizem resíduos e dejetos como fonte de energia e para o desenvolvimento de outros produtos.

Meta: Fomentar ao menos um projeto ou chamada pública para desenvolvimento científico e tecnológico na produção de biogás e biofertilizantes a partir de dejetos líquidos provenientes da agroindústria.

Meta: Fomentar ao menos um projeto ou chamada pública para desenvolvimento científico e tecnológico no uso industrial de resíduos agrícolas, agroindustriais e sólidos urbanos para o desenvolvimento de bioprodutos.

iv. Melhoramento genético

Objetivo: Apoiar projetos, programas, consórcios e redes de pesquisa para a obtenção de conhecimentos científicos e desenvolvimento tecnológico em

metodologias e ferramentas para o melhoramento genético, tanto clássico quanto por modernas ferramentas biotecnológicas, de variedades produtoras de biomassa, mais especificamente de sistemas agroflorestais com cacauzeiros.

Meta: Apoiar ao menos uma chamada pública que vise:

i) adequar biomassas a novos sistemas integrados de produção, com foco em ganhos de produtividade e adensamento da produção de cacau;

ii) desenvolver e adaptar variedades de biomassa às novas condições climáticas, às condições adversas de solo e ao uso de águas não convencionais; e

iii) identificar e desenvolver marcadores moleculares para características de interesse pela cacauicultura e bioindústria.

Meta: Fortalecer ao menos um consórcio, rede e grupo de pesquisa em genética, apoiando o desenvolvimento e a utilização de modernas ferramentas biotecnológicas para o melhoramento genético de variedades produtoras de biomassas.

iv) Uso sustentável da biodiversidade dos biomas Mata Atlântica e Floresta Amazônica e de novas biomassas

Objetivos: Incentivar a prospecção de novas fontes e novos usos às biomassas e aos microrganismos advindos da biodiversidade dos biomas Mata Atlântica e Floresta Amazônica, por meio de financiamento contínuo para PD&I e pela construção de ambiente regulatório adequado.

Meta: Implantar e/ou fortalecer ao menos um programa de prospecção biológica de microrganismos e/ou de novas fontes de biomassa que demonstrem potencial para utilização agroindustrial e industrial.

Meta: Fortalecer ao menos um consórcio, rede ou grupo de pesquisa em ciências ômicas e bioinformática que auxiliem na geração de conhecimentos e potenciais usos da biodiversidade dos biomas Mata Atlântica e Floresta Amazônica.

Meta: Implantar e/ou fortalecer ao menos um grupo, rede ou consórcio de pesquisa que busquem soluções na natureza (biomimética).

Meta: Elaborar o mapeamento dos potenciais de produção, logística e processamento de biomassas, especialmente aquelas advindas da biodiversidade dos biomas Mata Atlântica e Floresta Amazônica.

2. Processamento do cacau e sistemas agroflorestais com cacauzeiros e biorrefinarias.

Objetivo

Promover o desenvolvimento científico, tecnológico e de inovação para o processamento de biomassas ligadas aos sistemas agroflorestal de cacauzeiros, sejam por métodos biológicos, químicos, termoquímicos ou físicos, considerando as diversas etapas de pré-tratamento e tratamento envolvendo o desenvolvimento de insumos, equipamentos e metodologias gerenciais mais sustentáveis e eficientes para as bioindústrias.

Contextualização

O Brasil dispõe de oportunidade de se consolidar como referência em tecnologias associadas ao planejamento, construção, operacionalização e produção de insumos para bioindústrias, desenvolvendo sistemas de produção ambientalmente menos danosos, a exemplo do cacau cabruca, assim como gerar expertise e desenvolvimento nacionais por meio do fortalecimento da bioeconomia. Por conta disso e dado aos desafios quanto ao aproveitamento integral das diversas biomassas, as etapas referentes ao processamento dessas exigem maior atenção uma vez que possuem distintas composições e necessidades tecnológicas próprias no processamento.

Ademais, o país dispõe de vasto parque industrial em condições de se adaptar às novas tecnologias para o aproveitamento integral de diversas biomassas. Há, certamente, a possibilidade de geração de novas indústrias que poderão focar desde o fornecimento de produtos e serviços às bioindústrias até a utilização de novos bioprodutos que venham a ser desenvolvidos, além da desejável substituição de importações de produtos químicos por bioprodutos nacionais, com o fortalecimento da química renovável. Obviamente o domínio no processamento de biomassas também poderá levar à substituição de matérias-primas fósseis, sendo, portanto, um dos fatores-chaves para o desenvolvimento e sucesso da bioeconomia nacional.

Justificativa

As tecnologias de processamento de biomassas constituem etapa fundamental para o desenvolvimento de toda a cadeia produtiva de produtos bioderivados do cacau. A capacidade de gerar bioprodutos, com custos competitivos e características necessárias para

suprir diversas outras indústrias ou mesmo o consumidor final, apresenta-se como um grande desafio científico tecnológico, já que cada biomassa possui constituição distinta e as tecnologias mais adequadas para o aproveitamento integral de cada uma podem divergir.

O aproveitamento integral da maioria das biomassas depende do fracionamento para a obtenção dos chamados blocos construtores (*“building blocks”*). No entanto, a obtenção destes mostra-se de grande complexidade e essa tecnologia ainda não está dominada, especialmente por questões de economicidade e escala, carecendo de maiores esforços em capitais humano e financeiro.

Por conta disso, há de ser levado em consideração:

i) os progressos científicos e tecnológicos do país nas últimas décadas, especialmente na produção e aproveitamento de biomassas por processos biológicos, químicos, termoquímicos e físicos na produção de bioprodutos;

ii) a megadiversidade biológica presente nos biomas Mata Atlântica e Floresta Amazônica, possibilitando a obtenção tanto de novas fontes de biomassas vegetais quanto de microrganismos;

iii) a existência de instrumentos de fomento e incentivo científico, tecnológico e de inovação atualmente existentes para o setor de químicos de renováveis e a possibilidade de fortalece-los e expandi-los; e

iv) o atual parque bioindustrial nacional que conta, entre outras, com unidades destinadas à produção de especialidades químicas advindas de biomassa. Conclui-se que o Brasil tem a oportunidade de ser um dos líderes na bioeconomia mundial, dominando aspectos tecnológicos e gerenciais relacionados a diversas cadeias produtivas, inclusive a do cacau e bioindústrias.

Estratégias de implementação

i. Apoio a projetos, grupos e consórcios de pesquisa existentes ou em fase de implementação ligados à caracterização, ao pré-processamento, processamento e à utilização industrial de biomassas do cacau.

ii. Promoção do aumento da competitividade, por meio da revisão e adequação dos marcos regulatórios, do fortalecimento e compartilhamento de infraestruturas e do apoio a linhas de pesquisa que

foquem em soluções inovadoras para problemas tecnológicos, priorizando o uso sustentável da biodiversidade brasileira e considerando aspectos relativos à segurança hídrica, energética e alimentar e à mudança do clima.

iii. Incentivo a consórcios, redes e grupos de pesquisa, que tenham como foco o desenvolvimento de processos (biológicos, químicos, termoquímicos ou físicos), a contribuir para a diminuição da contaminação ambiental, levando em consideração os princípios da química verde.

iv. Fomento ao desenvolvimento da capacidade científica, tecnológica e de inovação no planejamento, construção, operacionalização e gerenciamento de biorrefinarias, com foco em ações que contribuam para a formação e consolidação de novos modelos de negócio vinculados às biorrefinarias, em especial na produção de insumos, bioprodutos de uso final e de prestação de serviços especializados.

v. Negociação de parcerias institucionais nacionais ou internacionais.

vi. Fortalecimento da atuação de pesquisadores brasileiros em iniciativas, projetos, programas, redes e consórcios internacionais de pesquisa e no acompanhamento do tema de utilização industrial da biomassa e de tecnologias de tratamento de resíduos e efluentes.

Atividades e metas

i. Pré-tratamento e tratamento de biomassas

Objetivo: Promover a pesquisa científica e o desenvolvimento tecnológico em insumos, equipamentos e processos para pré-tratamento e tratamento de biomassas em cacau.

Meta: Apoiar ao menos um projeto ou chamada pública para o desenvolvimento e aperfeiçoamento de rotas tecnológicas para a desconstrução e conversão das diversas biomassas (lignocelulósicas, amiláceas, sacarinas e oleaginosas, entre outras).

Meta: Apoiar ao menos uma ação de fomento ao desenvolvimento, adaptação e aprimoramento de equipamentos para manuseio, transporte, limpeza e processamento da biomassa nas bioindústrias.

Meta: Implantar ou fortalecer ao menos um consórcio, rede ou grupo de pesquisa dedicado à caracterização físico-química das diferentes classes de biomassa.

ii. Tecnologias de tratamento de resíduos e efluentes

Objetivo: Implantar e consolidar tecnologias para a gestão ambiental, com foco na descontaminação de solos e águas, no tratamento de águas residuais, na redução nas emissões de GEE e consequente descarbonização da cadeia produtiva do cacau.

Meta: Apoiar ao menos uma ação de fomento ao desenvolvimento de métodos que possibilitem a absorção de carbono das emissões decorrentes de processos industriais e bioindustriais, auxiliando a diminuir as emissões do setor produtivo e contribuindo para a descarbonização da economia.

Meta: Apoiar ao menos uma ação de fomento para pesquisas e desenvolvimento de sistemas sustentáveis no tratamento de águas residuais, esgotos e resíduos sólidos urbanos, permitindo a produção de bioprodutos e água de reuso, considerando aspectos ligados à garantia integral das seguranças hídrica, energética e alimentar.

iii. Tecnologias e insumos para bioindústrias

Objetivo: Desenvolver competências científicas, tecnológicas e empresariais para a consolidação de ambientes propícios ao surgimento e fortalecimento de indústrias de suporte às biorrefinarias, bem como em políticas e programas para fortalecimento, modernização e adaptação das biorrefinarias já existentes nas regiões produtoras de cacau.

Meta: Apoiar ao menos uma chamada pública ou projeto que vise à transferência tecnológica com foco na criação de produtos, equipamentos e serviços especializados no planejamento, implantação, operacionalização, gerenciamento e modernização das bioindústrias, bem como no desenvolvimento de insumos, equipamentos e serviços especializados para elaboração, construção, operacionalização, gerenciamento e modernização destas.

Meta: Apoiar ao menos uma ação que vise à modernização das infraestruturas já existentes no país, dedicadas a cacauicultura, enfatizando a construção de capacidade produtiva diversificada, com biorrefinarias modernas aptas a múltiplas biomassas e bioprodutos.

iv. Intensificação de processos

Objetivo: Articular políticas, programas, projetos e ações vinculados às Tecnologias Convergentes (Biotecnologia, Nanotecnologia, Tecnologias da

Informação e Comunicação e Tecnologias Cognitivas) para desenvolvimento e aprimoramento dos processos produtivos de sistemas agroflorestais com cacauero na bioeconomia.

Meta: Inserir conceitos da convergência tecnológica nas bioindústrias por meio de apoio ao menos uma ação de fomento às:

i) promoção da automação e robotização dos processos produtivos da produção da biomassa ao consumidor final;

ii) utilização de nanobiotecnologia para a produção de insumos agropecuários, agroindustriais e industriais, e no desenvolvimento de bioprodutos, e/ou

iii) utilização de modernas ferramentas computacionais cognitivas para captura e processamento de dados ao longo da cadeia produtiva do cacau, visando ao aperfeiçoamento de processos.

v. Plantas demonstrativas

Objetivo: Estruturar programas e políticas para coordenação, cooperação e interação de infraestruturas de PD&I voltados à bioeconomia.

Meta: Apoiar ao menos uma ação para promoção da cooperação entre grupos, redes e consórcios de pesquisa para consolidação de ambientes abertos e multiusuários dedicados a múltiplas biomassas, processos e bioprodutos, contribuindo para a integração, modernização e/ou adaptação das infraestruturas de PD&I.

3. Bioprodutos oriundos da Floresta Amazônica e da Mata Atlântica principalmente do cacau cabruca.

Objetivo

Promover o desenvolvimento científico, tecnológico e de inovação para a geração sustentável de produtos, processos e serviços de alto valor agregado a partir da utilização de biomassas localizadas nos biomas Mata Atlântica e Floresta Amazônica, fortalecendo a química verde, em especial no tocante ao desenvolvimento de produtos químicos renováveis derivados da biomassa de sistemas agroflorestais com cacauero, e consolidando aspectos de circularidade econômica.

Contextualização

A produção e utilização de bioprodutos é uma das prerrogativas para o desenvolvimento sustentável, pois

se propõem a diminuir a dependência em recursos fósseis finitos e contribuir para a redução das emissões de Gases de Efeito Estufa - GEE. Além disso, há enorme potencial a ser explorado no fracionamento dos componentes da biomassa. Por esse tipo de processo, podem ser gerados tanto produtos substitutos (*drop-in* ou *non drop-in*) quanto novos compostos que sirvam de insumo para diversas outras indústrias ou mesmo para o consumo final. São exemplos, neste sentido, os bioprodutos intermediários, os blocos construtores e os químico-plataforma, que podem ser produtos commodities ou especialidades.

Ao substituírem em parte os produtos químicos atualmente importados, os bioprodutos poderão vir a auxiliar na redução do déficit da balança comercial nacional, relativa a esses produtos, por meio da geração de divisas na sua exportação. Ademais, poderão gerar novas cadeias produtivas e oportunidades de negócio. Assim, o desenvolvimento de bioprodutos e a estruturação de cadeias para sua utilização tornam-se vitais para o desenvolvimento de sistemas de produção agrofloreais com cacaueiros mais sustentáveis e que contribuam para cumprir acordos internacionais relativos à mudança do clima, preservação do meio ambiente e produção responsável, além de gerar expertise, crescimento e desenvolvimento sustentável nacional.

Justificativa

O desenvolvimento de produtos a partir de biomassa tem se mostrado, até certo ponto, uma alternativa viável e bem-sucedida na substituição de vários produtos de origem fóssil e na elaboração de novos compostos. No entanto, muitos são os desafios científicos, tecnológicos, regulatórios e de mercado a serem superados.

As primeiras ações de impacto no desenvolvimento de bioprodutos se deram na área de biocombustíveis, especialmente do etanol e do biodiesel. Recentemente, além destes, tem-se investido também nos biocombustíveis ditos *drop-in*, ou seja, idênticos aos combustíveis fósseis e que, portanto, não necessitam de adaptações para seu uso, aproveitando os ativos complementares já existentes e utilizados pelos derivados de petróleo. Além dos biocombustíveis, há uma gama variada de outros produtos possíveis de serem obtidos a partir da utilização de biomassas, tais

como: materiais para a construção civil, bioplástico e outros biopolímeros, compostos têxteis, alimentos e rações animais, além de insumos para as indústrias química, farmacêutica e cosmetológica. Na verdade, os biocombustíveis são os produtos de maior volume e menor valor agregado entre os demais bioprodutos. Cabem, portanto, esforços para a exploração das biomassas para a produção de bioprodutos com maior valor agregado, merecendo destaque o desenvolvimento de produtos químicos renováveis e a possibilidade de se criar substitutos aos insumos químicos importados pelo País e que oneram sobremaneira a balança comercial brasileira.

Vale salientar que, dada a importância estratégica dos biocombustíveis à bioeconomia nacional, bem como no atendimento a compromissos internacionalmente assumidos, eles integrarão o Plano de Ação de CT&I em Energias Renováveis e Biocombustíveis.

Estratégias de implementação

i. Apoio a projetos, grupos e consórcios de pesquisa, existentes ou em fase de implementação, ligados às áreas da química verde, química renovável, pesquisa e desenvolvimento em enzimas, biomateriais e de novos compostos produzidos a partir do processamento de biomassas, aproveitamento do CO₂ e o desenvolvimento de catalisadores homogêneos e heterogêneos.

ii. Promoção do aumento da competitividade por meio da revisão e adequação dos marcos regulatórios, do fortalecimento e compartilhamento de infraestruturas e do apoio a linhas de pesquisa que focalizam em soluções inovadoras para problemas tecnológicos, priorizando o uso sustentável da biodiversidade brasileira e considerando aspectos relativos à segurança hídrica, energética e alimentar e à mudança do clima.

iii. Fomento à pesquisa científica e ao desenvolvimento tecnológico e apoio ao ajustamento de regulamentos pertinentes à viabilização tecnológica e econômica de bioprodutos.

iv. Incentivo ao desenvolvimento de parcerias público-privadas para o aumento da capacidade científica, tecnológica e de inovação em bioprodutos, com foco na biotecnologia Industrial e síntese orgânica, em especial para a produção de enzimas, produtos químicos e no tratamento de resíduos e efluentes.

v. Negociação de parcerias institucionais nacionais ou internacionais.

vi. Fortalecimento da atuação de pesquisadores brasileiros em iniciativas, projetos, programas, redes e consórcios internacionais de pesquisa e no acompanhamento do tema de utilização industrial da biomassa e de processos biológicos para a biorremediação.

Atividades e metas

i. Biocombustíveis

Objetivo: Produzir biocombustíveis através de sistemas agroflorestais com cacaueiro e dendê.

Meta: Desenvolver sistemas agroflorestais de dendê com cacaueiros para produção de biocombustíveis.

Meta: Implantar usinas de biocombustíveis baseado na extração de dendê.

ii. Biotecnologia Industrial e Biologia Sintética

Objetivo: Estruturar políticas e programas para o desenvolvimento das ciências ômicas, de melhoramento e engenharia de microrganismo, bem como técnicas avançadas de edição gênica.

Meta: Apoiar a criação e/ou fortalecimento de ao menos um grupo, rede ou consórcio de PD&I em biotecnologia industrial e biologia sintética com o objetivo de consolidar linhas de pesquisa na fronteira do conhecimento em ciências ômicas e engenharia genética.

Meta: Apoiar ao menos uma ação de fomento a projeto ou chamada pública relativa à transferência tecnológica e criação de novos modelos de negócio, baseados no desenvolvimento e aplicação da biotecnologia industrial e biologia sintética.

iii. Química Renovável

Objetivo: Articular e fomentar grupos, redes e consórcios de pesquisa e desenvolvimento em Química Renovável.

Meta: Apoiar ao menos uma ação de fomento para o desenvolvimento de: **i)** produtos drop-in e não drop-in obtidos a partir de biomassas de sistemas agroflorestais com cacaueiros para substituição de produtos de origem fóssil; produtos químicos renováveis que permitam a substituição de produtos químicos importados pelo país; e **ii)** estudos de análise do ciclo de vida dos bioprodutos.

iv. Desenvolvimento e produção de microrganismos e enzimas

Objetivo: Articular políticas e programas de PD&I para implantação e consolidação de um segmento industrial especializado em desenvolvimento e produção de microrganismos e enzimas.

Meta: Apoiar ao menos uma ação de fomento à pesquisa e desenvolvimento nas temáticas:

i) enzimas, especialmente para produção de biocombustíveis e outros bioprodutos; **ii)** microrganismos de interesse industrial da biodiversidade localizadas nos biomas Mata Atlântica e Floresta Amazônica; e **iii)** métodos para o melhoramento genético de microrganismos, geneticamente modificadas (MGM) ou não.

v. Biomateriais, biocompósitos e seus usos

Objetivo: Articular políticas, programas e projetos de pesquisa e desenvolvimento em biomateriais produzidos a partir de biomassa de sistemas agroflorestais com cacaueiros, visando à gradativa independência de matérias-primas fósseis.

Meta: Criar e/ou fortalecer ao menos um grupo, rede ou consórcio de pesquisa com articulação com o setor produtivo que atue no desenvolvimento em biomateriais e biocompósitos, com objetivo de promover a transferência tecnológica, a modernização das atuais bioindústrias e a diversificação produtivas destas.

4. Agroinsumos

Objetivo

Desenvolver produtos, processos e tecnologias de origem vegetal, destinado ao uso na produção, no armazenamento e no beneficiamento de produtos oriundos de sistemas agroflorestais cacaueiro, nos sistemas de produção agrícolas ou de florestas plantadas, que interfiram positivamente no crescimento, no desenvolvimento e no mecanismo de resposta de plantas, de microrganismos e de substâncias derivadas e que interajam com os produtos e os processos físico-químicos e biológicos.

Ações

• Criação e implementação de um programa de bioinsumos com marco regulatório, vinculado ao conselho e gestão Estratégica do Programa Nacional;

- Criação de Biofábrica de bioinsumos com fomento e crédito disponível;
- Exploração de bioinsumos na Produção Animal;
- Exploração de bioinsumos no Pós Colheita e Processamento de sistemas agroflorestais com cacaueteiro;
- Criação e premiação de Iniciativas estaduais na área de bioinsumos.

Impactos

A preservação da natureza e do meio ambiente, por meio da redução de impactos ambientais; a redução de custos com aplicações intensivas de químicos; os ganhos financeiros, por diminuir o tempo de carência pós-aplicação do produto.

5. Observatório Brasileiro de Bioeconomia - OBB em sistemas agroflorestais com cacaueteiro.

Objetivo

Prover aos agentes governamentais, da academia, do setor empresarial e da sociedade civil organizada, informações estruturadas e de relevância quanto ao estado presente e tendências futuras em aspectos científicos, tecnológicos, mercadológicos e regulatório da bioeconomia em sistemas agroflorestal de cacaueteiro, nacional e mundial.

Contextualização

A bioeconomia, dada à transversalidade e abrangência, necessita de uma ampla gama de conhecimentos para o seu desenvolvimento. Intensiva em ciência e tecnologia e tendo como base competitiva a inovação, ela necessita de um acompanhamento constante, estudos e análises, demandando recursos humanos especializados em aspectos científicos, tecnológicos, mercadológicos e regulatórios para uma compreensão das oportunidades e desafios. Pelo seu caráter dinâmico, os tomadores de decisões precisam estar atentos a uma série de informações que, por vezes, é de difícil obtenção ou análise. Propõe-se a criação de um Observatório Brasileiro de Bioeconomia (OBB) em sistemas agroflorestais com cacaueteiro, visando subsidiar o processo de tomada de decisão e oferecer um ambiente para debates e obtenção de informações sobre a bioeconomia, nacional e mundial.

Justificativa

A concepção e implantação do OBB leva em consideração as diversas iniciativas e atores já existentes na bioeconomia nacional. Entre estes, há consenso sobre a necessidade de uma instância central coordenadora e de um observatório dedicados ao desenvolvimento da bioeconomia brasileira. Por conta disso e considerando as expertises já criadas, os modelos de governança a serem definidos para o OBB deverão contar com a participação dos setores governamentais, empresariais, acadêmicos e da sociedade civil organizada.

Atividades e metas

i. Concepção e implantação do OBB em sistemas agroflorestais com cacaueteiro.

Objetivo: Articular e implantar um observatório dedicado à realização de levantamentos, estudos e análises relativos ao desenvolvimento da bioeconomia, estruturado em seis eixos principais:

i) recursos humanos; **ii)** infraestruturas produtiva e de pesquisa e desenvolvimento; **iii)** mercados nacional e internacional; **iv)** políticas públicas; **v)** ambiente jurídico; **vi)** prospecção tecnológica.

ii. Elaborar proposta para a criação do OBB em sistemas agroflorestais com cacaueteiro constando sua estrutura, governança e operacionalização.

Meta: Implementar o OBB.

iii. Operacionalização do OBB em sistemas agroflorestais com cacaueteiros.

Detalhes acerca da operacionalização e governança do OBB serão definidos durante as etapas de concepção e implantação. No entanto, uma vez implantado e operando, o OBB deverá realizar mapeamentos, estudos e análises em temas como:

- capacidade de recursos humanos, financeiros e de infraestrutura para pesquisa e desenvolvimento em áreas correlatas à bioeconomia nacional;
- aspectos científicos, tecnológicos, mercadológicos, regulatórios e ambientais da bioeconomia nacional e mundial;
- capacidades produtiva, logística e de utilização industrial das biomassas brasileiras;
- tendências científicas e tecnológicas e de novos mercados mundiais ligados à bioeconomia;

- estudos e análises sobre oportunidades, riscos e desafios à bioeconomia dos biomas Mata Atlântica e Floresta Amazônica;
- acompanhamento e sugestões para adequação do marco regulatório em atividades ligadas à bioeconomia nacional;
- comparação entre políticas públicas, nacionais ou internacionais, envolvendo o desenvolvimento da bioeconomia;
- elaboração de propostas voltadas ao aproveitamento de oportunidades e superação dos desafios da bioeconomia nacional.

6. Agro Hub

Objetivo

i. Os Hubs são espaços - físicos e/ou virtuais - nos quais empresas e startups podem trabalhar e ter acesso a contatos, investidores, mentores e fornecedores. Nesses ambientes férteis, os projetos têm maior facilidade para crescer, tanto pelo vasto networking, quanto pelo suporte para a aceleração. Uma Hub significa um lugar que agrega vários produtos ou serviços ao mesmo tempo, gerando mais valor para clientes da empresa ou da marca. Explicando de outra forma: é o lugar onde se encontra a solução para o problema levantado ou a necessidade, mesmo que exija diferentes tipos de serviço e especialidades.

ii. O Agro Hub em sistemas agroflorestais com cacauero é um hub virtual sobre o Ecossistema de inovação em sistemas agroflorestal com cacauero a ser gerido pela Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (CEPLAC) que tem a finalidade de dar visibilidade e conectar as iniciativas de inovação que serão desenvolvidas no setor agropecuário com especial foco na agenda de transformação digital dos sistemas agroflorestais com cacauero envolvendo os biomas Mata Atlântica e Floresta Amazônica (SAC dos biomas MAFA 4.0). CGEE, (2020).

Ações

- Fomentar Ambientes de Inovação em Sistemas agroflorestal com cacauero;
- Financiamento visando incentivar a criação de Startups;
- Proliferar Ecossistemas de Inovação;
- Dar o devido apoio a iniciativas de Inovação;
- Realizar parcerias e inovações abertas com Universidades e Icts;

- Inserir os Produtores Rurais nesses ambientes visando a utilização de tecnologias de ponta.

Impactos

Acelerar a criação de startups voltadas à tecnologia da informação e gestão do agronegócio em sistemas agroflorestais em cacaueros.

Considerações Finais

A crise do cacau modificou bastante o aspecto social, ambiental e econômico da região cacaueira, instigando assim a necessidade de buscar novas tecnologias, inovações no processo produtivo do fruto e na sua utilização. É importante aproveitar os projetos de agricultura alternativa, ressaltando a viabilidade econômica do cultivo do cacau, que culminará no aproveitamento integral de seus frutos (Carneiro et al., 2008). Estudos devem ser realizados visando novas estimativas na utilização dos resíduos de cacau, como combustível briquetado, para produção do biogás e de enzimas microbianas e utilização como biofertilizantes, a fim de favorecer o crescimento das regiões produtoras de cacau. O aproveitamento integral dos subprodutos e resíduos da pós-colheita do cacau está sendo tema de pesquisa desenvolvida pelo Ministério da Agricultura/CEPLAC, utilizando tecnologias que aperfeiçoem a produção cacaueira, resultando em acréscimo significativo da renda líquida do produtor de cacau, com menor dependência nas flutuações do mercado externo, do preço do produto. Um dado interessante sobre a importância de estudos para utilização desses subprodutos é que uma tonelada de cacau seco produz conjuntamente oito toneladas de casca fresca que são, na maioria das vezes, descartados (CEPLAC, 2012).

A viabilização de projetos para o desenvolvimento sustentável do cacau deve ser uma preocupação das autoridades competentes, visto que a história do cacau na Bahia se entrelaça com a da região cacaueira, responsável por criar uma cultura no sul da Bahia determinada pela atividade agrícola.

Um exemplo é a *Blue Stripes Urban Cacao* (2022), *startup* que produz alimentos reciclados que usam todo o cacau. Utiliza a “*upcycling*”, uma espécie de alquimia culinária que transforma o desperdício de alimentos em ouro comestível, é uma das tendências

ambientais mais encorajadoras em CPG (Bens de Consumo Embalados, na sigla em inglês). A *startup* trabalha no desenvolvimento de produtos CPG que utilizam todas as partes da fruta do cacau rica em antioxidantes e aproveitavam suas propriedades de superalimento. Neste processo, a polpa é prensada a frio para extrair água de cacau; a casca é moída e transformada em farinha sem glúten, e é também extraído o açúcar de cacau da fruta; adicionalmente a fruta é transformada em misturas para *smoothies* (Figura 6).

Até a amêndoa de cacau inteira pode ser preparada, coberta de chocolate polvilhado com a casca em pó e açúcar de cacau, em vez de cacau em pó. A variedade feita com manteiga de avelã contém três gramas de fibra e provê 11% da necessidade diária de ferro para um adulto, de acordo com a tabela nutricional da embalagem. Também esse produto é rico em magnésio e fósforo, entre outras coisas. As misturas de granola e os mixes da fruta da *Blue Stripes* garante a crocância das cascas moídas e sua mastigabilidade de pedaços de cacau seco. O açúcar de cacau é usado como adoçante.

Nem todos os novos alimentos reciclados podem agradar a todos os paladares, mas há um destaque: a *Blue Stripes Urban Cacao*, cujos investidores incluem a *Hershey Co.* Toda a linha de produtos da *startup* estreou na *Whole Foods* em maio de 2022 e a empresa está encerrando seu primeiro ano parcial de negócios com US\$ 4,5 milhões (R\$ 23,2 milhões na cotação atual) em vendas. Para 2023, a estimativa é triplicar essas vendas.

Inspirado no CGEE (2022), sugere-se a criação do observatório em Bioeconomia em Cacau tendo como missão apoiar o desenvolvimento da bioeconomia brasileira em cacau, provendo inteligência estratégica para subsidiar a tomada de decisão em políticas públicas e em questões acadêmicas e empresariais, criando um espaço integrado, estruturado e interativo, para orquestrar a criação, a análise e o compartilhamento do conhecimento sobre bioeconomia em sistemas agroflorestais com cacaueiro. Esse observatório terá quatro áreas de excelência em bioeconomia em cacau: a) Recursos e Conhecimento; b) Mapa de capacidades; c) A bioeconomia em números; d) Os serviços em inteligência.

A área de Recursos e Conhecimento terá como finalidade apresentar aspectos regulatórios relacionados à bioeconomia em cacau, programas e planos nacionais e internacionais e informações sobre mecanismos de financiamento para a bioeconomia em sistemas agroflorestais com cacaueiro. A operacionalização desta seção consistirá no mapeamento e seleção das fontes de dados que serão coletados, classificados, analisados e disponibilizados, garantindo a identificação e o acesso a banco de dados relevantes e atualização periódica da informação.

O mapa de capacidades visa oferecer ao usuário uma ferramenta visual, quantitativa e descritiva sobre as capacidades em Ciência, Tecnologia e Inovação - CTI em bioeconomia em sistemas agroflorestais com cacaueiros no Brasil. Essas capacidades serão apresentadas na forma de atores, programas e



Figura 6. Linha de produtos fabricados sob encomenda para rede Whole Foods.

iniciativas. As informações no Mapa de Capacidades serão georreferenciadas e poderão ser visualizadas através de um mapa interativo que apresentará a descrição da capacidade consultada.

A bioeconomia em números visa oferecer uma ferramenta de visualização de dados estatísticos sobre a atual situação da bioeconomia em sistemas agroflorestais com cacauzeiros. O objetivo será permitir que o usuário pudesse extrair e compilar informações organizadas e de interesse sobre a bioeconomia em cacau para auxiliá-lo em tomadas de decisão ou na produção de conteúdo técnico-científico. A ferramenta ainda auxiliará no propósito de informar os usuários sobre a dimensão da bioeconomia nacional em cacau.

Os serviços em inteligência em cacau visará disponibilizar de forma contínua uma série de boletins periódicos e temáticos, desenvolvidos pela CEPLAC em parceria com CGEE em conjunto com instituições parceiras. O OBio em sistemas agroflorestais com cacauzeiros oferecerá aos seus usuários diagnósticos e proposições que permitam análise, planejamento e agenda estratégicos úteis ao design de políticas de incentivo à CTI em bioeconomia em cacau, bem como à competitividade do país e de suas unidades de produção públicas e privadas.

Muitos conhecimentos precisam ainda ser apropriados e gerados com relação a Bioeconomia. De acordo com Santos e Silva et al. (2021) foram identificadas quais são os principais campos de estudos considerados como parte da bioeconomia, tendo sido evidenciado também como as características regionais influenciam na definição desses campos.

A partir da análise da literatura, foi possível observar um foco na área de produção de biocombustíveis e bioenergia, principalmente a partir da biomassa da cana-de-açúcar. Dos 15 clusters, nove estavam diretamente associados a matérias-primas renováveis (MRR), enquanto os outros seis estavam relacionados aos temas de bioprodutos, processamento e economia circular. Quando se considerou o número de publicações por estado brasileiro, a supremacia foi da região Sudeste, especialmente o estado de São Paulo, na produção científica sobre bioeconomia. Alguns países mostraram grande interesse para temas específicos, tais como Finlândia no cluster de biomassa florestal, Malásia no cluster de óleo de palma, Brasil no cluster de palha de cana de açúcar e os EUA no cluster da biomassa de milho.

O trabalho em referência apresentou os resultados de uma rede de similaridade semântica construída a partir de uma metodologia bola de neve sobre o termo bioeconomia. Os resultados enfatizaram principalmente a influência das características regionais nos tipos de publicações sobre bioeconomia, a predominância dos setores de biocombustíveis e bioenergia no assunto e a ênfase em tratar a bioeconomia pela dimensão da biomassa ou matérias-primas renováveis.

Nesse contexto e considerando-se a possibilidade de inserção ampla dos enfoques evidenciados no trabalho, ressalta-se que "a consolidação da bioeconomia é responsabilidade de todos nós. Cada um tem um papel fundamental nesta discussão: os governantes precisam estar empenhados em apoiar políticas ambientais; os consumidores precisam ter consciência da origem dos produtos que consomem, bem como buscar a redução do desperdício e correto descarte do lixo, e a iniciativa privada precisa incorporar a sustentabilidade como pilar fundamental da estratégia" ((Martins, 2021).

Na mesma linha, ressaltam-se assertivas contextualizantes de Ricardo Abramovay, professor sênior do Programa Ciência Ambiental do Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo (IEE/USP), citado por Martins (2021), de que a biodiversidade tem de estar no comando da economia, no sentido de que "Não se trata de fazer um conserto aqui, outro ali. Precisamos repensar o conjunto da vida econômica e, sobretudo, a nossa capacidade de compatibilizar a satisfação das necessidades humanas com a manutenção, a preservação e a regeneração da biosfera e dos serviços ecossistêmicos que ela nos oferece e dos quais nós dependemos".

Literatura Citada

- AGÊNCIA INTERNACIONAL DE ENERGIA. 2017. The role of biomass, bioenergy and biorefining in a circular economy. Disponível em: https://www.iea-bioenergy.task42-biorefineries.com/upload_mm/9/1/0/64005b9b-e395-497e. Acesso em: 29/09/2021.
- AGYEMAN, K. O. G.; OLDDHAM, J. H. 1986. Utilization of Cocoa By-products as an Alternative Source of Energy. *Biomass* 10:311-318.
- AMBROZIO, A. M. et al. 2020. A difusão da agenda ESG no Brasil e no mundo. Agência de Notícias do BNDES, Brasília, DF, 23/10/2020. Disponível em: <https://>

- agenciadenoticias.bndes.gov.br/blogdodesenvolvimento/detalhe/A-difusao-daagenda-ESG-no-mundo-e-no-Brasil/. Acesso em: 30/05/2021.
- BAKAN, B. et al. 2022. Circular Economy Applied to Organic Residues and Wastewater: Research Challenges. *Waste and Biomass Valorization* 13: 1267-1276. Doi: 10.1007/s12649-021-01549-0.
- BARAZETTI, V. M.; LIMA, T. M.; SODRÉ, G. A.; GROSS, E. 2022. Management perspectives aimed at maximizing the production of secondary metabolites from medicinal plants in agroforestry systems. *Agroforest Systems* 96:681-695. Disponível: <https://doi.org/10.1007/s10457-022-00731-0>. Acesso: 29/05/2023.
- BASTOS, B. G. et al. 2022. Bioeconomia, economia circular e agroindústria 4.0: proposições para as transições tecnológicas emergentes. *Revista do Desenvolvimento Regional - Faccat (Brasil)* 19 (1):312-338.
- BENTSEN, N. S.; FELBY, C. 2010. Technical potentials of biomass for energy services from current agriculture and forestry in selected countries in Europe, The Americas and Asia. *Forest & Landscape Working Papers* 54: 31. Disponível em: http://www.environmentportal.in/files/techpotentbiomasswp55_001.pdf. Acesso em: 20/03/2022.
- BLUE STRIPES URBAN CACAO. 2022. Startup apoiada pela Hershey's coloca o cacau na nova onda da reciclagem. Disponível: <https://forbes.com.br/forbesagro/2022/12/hershey-backed-blue-stripes-colocam-o-cacau-na-nova-onda-da-reciclagem/>. Acesso em: 29/12/2022.
- CARNEIRO, W. M. A. et al. 2008. A agroindústria de alimentos derivados de cacau no nordeste brasileiro. Rio Branco, Acre, Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural.
- CAÑADAS, A. et al. 2022. Green Synthesis of Antibacterial Silver Nanocolloids with Agroindustrial Waste Extracts, Assisted by LED Light. *Colloids Interfaces* 6(4): 74. <https://doi.org/10.3390/colloids6040074>. Acesso:29/05/2023.
- CE 100 BRASIL. 2017. Uma economia circular no Brasil: Uma abordagem exploratória inicial. Produto da inteligência coletiva dos membros da rede CE100 Brasil, Janeiro de 2017.
- CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS - CGEE. 2020. Oportunidades e Desafios da Bioeconomia. Arquitetura Operacional de um Knowledge Hub em Bioeconomia. Brasília, DF, Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. 50p.
- CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS - CGEE. 2020a. Oportunidades e Desafios da Bioeconomia Nota técnica - Análise de modelos de governança. Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. Brasília - Distrito Federal.
- CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS - CGEE. 2020b. Perspectivas da Bioeconomia Brasileira com Base em Inovações Tecnológicas e de Mercado. Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. Brasília - Distrito Federal.
- CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS - CGEE. 2022. Observatório de Bioeconomia. Rio Innovation Week. Rio de Janeiro, RJ.
- CECHIN, A.; VEIGA, J. E. 2010. A economia ecológica e evolucionária de Georgescu Roegen. *Revista de Economia Política* 30(3):438-454.
- CEPLAC. 1984. Projeto aproveitamento Integral dos Recursos da Empresa Cacaueira – Projeto PAI. In: Ferreira, H. I. S. (Coord.). Centro de Pesquisas do cacau e Departamento de apoio ao desenvolvimento. CEPLAC/CEPEC. Ilhéus/Bahia/Brasil.
- CHEPOTE, R. E.; SANTANA, J. L. C.; DE LEON, F. 1990. Como utilizar composto de casca de cacau na adubação do cacaueiro. *Difusão Agropecuária (Brasil)* 2(1): 11-17.
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA - CNI. 2017. Economia circular uma abordagem geral no contexto da indústria 4.0. Brasília, DF.
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA - CNI. 2019. Economia circular: caminho estratégico para a indústria brasileira. Brasília, DF.
- COMISSÃO EUROPEIA. 2022. Direcção-Geral da Investigação e Inovação, Política europeia de bioeconomia – Balanço e evolução futura: relatório da Comissão ao Parlamento Europeu, ao Conselho, ao Comité Económico e Social Europeu e ao Comité das Regiões, Serviço das Publicações da União Europeia União. Disponível:[https://data.europa.eu/doi/10.2777/997651/european-bioeconomy-policy-KI0122230ENN\(2\).pdf](https://data.europa.eu/doi/10.2777/997651/european-bioeconomy-policy-KI0122230ENN(2).pdf). Acesso em: 20/06/2022.
- COTTA, M. K. et al. 2008. Quantificação de biomassa e geração de certificados de emissões reduzidas no consórcio seringueira-cacau. *Revista Árvore*, Viçosa-MG 32, (6): 969-978.
- DINIARDI, E. M.; ARGO, B. D.; WIBISONO, Y. 2020. Antibacterial activity of cocoa pod husk phenolic extract against *Escherichia coli* for food processing. Doi:10.1088/1755-1315/475/1/012006.
- ESPOSITO, B.; SESSA, M.; SICA, R. D.; MALANDRINO, O. 2020. Towards Circular Economy in the Agri-Food Sector. a systematic literature review. *Sustainability* 12(18):7401. Disponível: <https://doi.org/10.3390/su12187401>. Acesso em: 20/08/2022.

- EMBRAPA. 2022a. Visão 2030: O futuro da agricultura brasileira. Em progresso: economia circular. Brasília, DF, Embrapa. Disponível: <https://www.embrapa.br/visao-de-futuro/sustentabilidade/sinal-e-tendencia/bioeconomia-em-progresso-economia-circular>. Acesso em: 20/08/2022.
- EMBRAPA. 2022b. Visão 2030: O futuro da agricultura brasileira. Megatendências/Sustentabilidade: resíduos da agroindústria. Brasília, DF, Embrapa. 212p. Disponível: <https://www.embrapa.br/visao-de-futuro/sustentabilidade/sinal-e-tendencia/bioeconomia-em-progresso-residuos-da-agroindustria>. Acesso em: 20/08/2022.
- EUROPEAN COMMISSION. 2022a. European bioeconomy policy – Stocktaking and future developments : report from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, Publications Office of the European Union. Doi:10.2777/997651
- EUROPEAN COMMISSION, 2022b. European Bioeconomy Strategy Progress Report. European Bioeconomy Policy: Stocktaking and future developments. Disponível: <https://knowledge4policy.ec.europa.eu/publication/report-com2022283>. Acesso em: 29/05/2023.
- EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY. 2018. The circular economy and the bioeconomy Partners in sustainability. EEA Report No 8/2018.
- EUROPEAN PARLIAMENT. 2015. Circular Economy: definition, importance and benefits. Brussels. Disponível: <https://www.europarl.europa.eu/news/en/headlines/economy/20151201STO05603/circular-economy-definition-importance-and-benefits>. Acesso em: 29/05/2023.
- ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. 2013. Towards the Circular Economy: Economic and business rationale for an accelerated transition. Cowes: EMF, 2013. Disponível: https://www.werktrends.nl/app/uploads/2015/06/Towards_A_Circular_Economy.pdf. Acesso em: 29/05/2023.
- ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. 2016a. ‘Growth Within: a circular economy vision for a competitive Europe’. Disponível em: <https://ellenmacarthurfoundation.org/growth-within-a-circular-economy-vision-for-a-competitive-europe>. Acesso em: 28/05/2023
- ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. 2016b. ‘Circular Economy in India: Rethinking Growth for Long-Term Prosperity’. Disponível em: <https://ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy-in-india>. Acesso em: 28/05/2023
- ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. 2017. Uma Economia Circular no Brasil: Uma abordagem exploratória inicial. Disponível em: <https://ellenmacarthurfoundation.org/topics/circular-economy-introduction>. Acesso em: 20 dez. 2022.
- GEORGESCU ROEGEN, N. 1971. The entropy law and the economic process. Cambridge, Harvard University Press.
- GONZALES, A. D. F. et al. 2013. Desenvolvimento sustentável para o resgate da cultura do cacau baseado no aproveitamento de resíduos. Interfaces Científicas - Saúde e Ambiente 1(2): 41-52.
- HAMAM, M. et al. 2021. Circular Economy Models in Agro-Food Systems: a review. Sustainability. 13 (6): 3453. <https://doi.org/10.3390/su13063453>.
- IBERDROLA. 2022. Bioeconomia: os desafios de um modelo-chave para o desenvolvimento sustentável. Disponível em: <https://www.iberdrola.com/sustentabilidade/bioeconomia-isso-e>. Acesso em 12/12/2022.
- JENSCH, C.; SCHMIDT, A.; STRUBE, J. 2022. Versatile Green Processing for Recovery of Phenolic Compounds from Natural Product Extracts towards Bioeconomy and Cascade Utilization for Waste Valorization on the Example of Cocoa Bean Shell (CBS). <https://doi.org/10.3390/su14053126>.
- JRC. 2020. <http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC120324>.
- KUMEH, E. M. et al. 2021. Customary power, farmer strategies and the dynamics of access to protected forestlands for farming: Implications for Ghana’s forest bioeconomy. Disponível: <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2021.102597>. Acesso em: 29/05/2023.
- MARDIYANI, S. A.; SUNAWAN, A. E.; PAWESTRI, A. E. 2018. Application of neem (*Azadirachta indica*) as biological pesticides in cocoa seed (*Theobroma cacao*) storage using various local adsorbent media. Disponível: Doi 10.1088/1755-1315/131/1/012001. Acesso em 29/05/2023.
- MARTINS, C. 2021. Bioeconomia circular está em pleno processo de construção. Revista O Papel 179:70-80. Disponível: http://www.revistaopapel.org.br/edicoes_impresas/179.pdf. Acesso em: 29/12/2022.
- MCTIC/CGEE. 2018. Plano de Ação em Ciência, Tecnologia e Inovação em Bioeconomia - PACTI. Brasília, DF, Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC) e Centro de Gestão e Estudos Estratégicos.

- MENDES, J. F. et al. 2021. Development of quaternary nanocomposites made up of cassava starch, cocoa butter, lemongrass essential oil nanoemulsion, and brewery spent grain fibers. Doi:10.1111/1750-3841.15689.
- MJV. 2023. Bioeconomia: como a biodiversidade, tecnologia e inovação podem gerar oportunidades para as empresas. Disponível: <https://www.mjvinnovation.com/pt-br/blog/bioeconomia>. Acesso em: 27/05/2023.
- MONTIBELLER FILHO, G. 1993. Ecodesenvolvimento e desenvolvimento sustentável: conceitos e princípios. Textos de Economia 4(1):131-142.
- MORORÓ, R. C. 2012. Aproveitamento dos derivados, subprodutos e resíduos do cacau. In: Valle, R. R. (Ed.). Ciência, tecnologia e manejo do cacau. Ilhéus, BA, CEPLAC/CEPEC. pp.596-672.
- MÜLLER, M.W.; GAMA-RODRIGUES, A.C. 2012. Sistemas agroflorestais com cacau. Ciência, Tecnologia e Inovação. Segunda edição. Editor Raúl René Valle. (PDF) Sistemas Agroflorestais com Cacau (researchgate.net). Pp. 407-436.
- PALHARES, J. C. P. 2019. Desafios ambientais para a produção animal brasileira. In: Zuin, L. F. S.; Queiroz, T. R. (org.). Agronegócios: gestão, inovação e sustentabilidade. 2.ed. São Paulo, SP, Saraiva Educação. pp.313-339.
- PAMPLONA, L.; SALARINI, J.; KADRI, N. 2021. Potencial da bioeconomia para o desenvolvimento sustentável da Amazônia e possibilidades para a atuação do BNDES. Revista BNDES 28 (56): 55-86. Disponível: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/22024/1/02-BNDES-Revista56-PotencialBioeconomia.pdf>. Acesso em: 29/05/2023.
- PEREIRANETO, J. A. 2012. Estoques de Carbono em Sistemas Agroflorestais de Cacau como Subsídios a Políticas de Serviços Ambientais. Tese de Doutorado. UFPA.
- PEREIRA, I. de O. 2013. Viabilidade da utilização da casca do cacau como combustível no aquecimento de ar para secagem de amêndoas de cacau. Tese de Doutorado. UFV, Viçosa, MG. 123p.
- PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO-PNUD. 2012. Índice de Desenvolvimento Humano. PNUD Brasil, Brasília, DF. Disponível em: <https://www.br.undp.org/content/brazil/pt/home/idh0.html>. Acesso em: 15/05/2021.
- ROCHA, B. R. P. 2009. Utilização de resíduos de biomassa de Açaí e Cacau para produção de energia. Programa ENERBIO/UFPA. Disponível: <http://cenbio.iee.usp.br>. Acesso em 13/10/2009.
- SANTOS, L. R. et al. 2021. Levantamento dos dados da flora das cabucas e estimativa de estoque de carbono, utilizando a ferramenta GHG Protocol. Ilhéus, BA, UESC/Instituto Arapiáú.
- SANTOS E SILVA, D. F. et al. 2021. Unravelling the bioeconomy - a semantic similarity analysis of scientific publications. Center for Strategic Studies and Management (CGEE) - SCS Quadra 9 - torre C – 4 th floor, room 401 – 405. Ed. Parque da Cidade Corporate. Brasília. Brazil.
- SODRÉ, G. A. et al. 2012. Extrato da casca do fruto do cacau como fertilizante potássico no crescimento de mudas de cacau. Revista Brasileira de Fruticultura 34(3):881-887.
- SYAMSIRO, M. et al. 2012. Um estudo preliminar sobre o uso da casca do cacau como fonte renovável de energia na Indonésia. Energia para o desenvolvimento sustentável 16(1):74-77.
- TRIPATHI, N. et al. 2019. Biomass waste utilization in low-carbon products: harnessing a major potential resource. Climate and Atmospheric Science, Article number 35. Disponível: <https://doi.org/10.1038/s41612-019-0093-5>. Acesso em: 29/05/2023.
- VAZ JUNIOR, S. 2018. Biomass and Green Chemistry: Building a Renewable Pathway. Cham, Springer Nature. 252p.
- VÁSQUEZ, Z.S. et al. 2019. Biotechnological approaches for cocoa waste management: A review. Waste Management 1(90):72-83.
- VRIESMANN, L. C.; AMBONI, R. D. M. C.; PETKOWICZ, C. L. O. 2011. Cacao pod husks (*Theobroma cacao* L.): Composition and hot-water-soluble pectins. Industrial Crops and Products 34:1173-1181.
- ZUGAIB, A. C. C. et al. 2017. Valoração ambiental do sistema cacau cabruca para efeito de crédito rural no município de Barro Preto na Bahia. Boletim Técnico 208. Ilhéus, BA, CEPLAC/CEPEC.
- ZUIN, V. G.; SEGATTO, M. L.; ZANOTTI, K. 2020. Towards a green and sustainable fruit waste valorisation model in Brazil: optimisation of homogenizer-assisted extraction of bioactive compounds from mango waste using a response surface methodology. Disponível: <https://doi.org/10.1515/pac-2019-1001>. Acesso em: 29/05/2023.



CONTROLE QUÍMICO DA BROCA DO FRUTO DO CACAU *Carmenta foraseminis* EICHLIN, 1995 [LEPIDOPTERA, SESSIDAE].

Kazuiyuki Nakayama

CEPLAC/Centro de Pesquisas do Cacau. Rodovia Ilhéus/Itabuna, km 22, Ilhéus, BA. kazuoeplac@gmail.com

A mariposa *Carmenta foraseminis* Eichlin 1995 é uma lepidobroca do fruto do cacauzeiro, que foi constatada em Linhares, ES, Brasil, em 2013. Desde lá, suas populações tem aumentado, causando prejuízos à produção e exigindo o desenvolvimento de tecnologia de controle. Ela é uma espécie críptica que fica abrigada dentro do fruto a maior parte do seu ciclo biológico, ficando exposta fora do fruto somente nas fases adulta, ovo e algumas horas do primeiro instar larval. Por isso, o seu controle químico exige princípios ativos com elevados potenciais inseticidas. Esta pesquisa avaliou inseticidas dos grupos piretróides e avermectinas. Empregando 600 ml de água por planta, o experimento comprovou que os inseticidas bifentrina 100 EC, lambda-cialotrina 50 EC, zeta-cipermetrina 350 EC, fenproatrina 300 EC e abamectina 18 EC, nas diluições, respectivamente, de 0,5 ml, 0,4 ml, 0,2 ml, 0,3 ml e 0,6 ml do produto comercial formulado por litro de água, controlam eficazmente a lagarta da *C. foraseminis*. Os resultados experimentais recomendam iniciar o controle do surto da praga quando o monitoramento indicar no máximo cinco % de frutos atacados. Em cada surto realizar duas pulverizações com intervalo de trinta dias entre elas. O monitoramento deve ser continuado trinta dias após a segunda aplicação. Para prevenir que a praga desenvolva resistência aos inseticidas, é necessário organizar um rodízio de pesticidas de distintos grupos químicos e modos de ação e incluir os inseticidas no plano de manejo integrado da praga.

Palavras-chave: *Theobroma cacao*, inseticida, broca, manejo, praga, pesticida

Chemical control of the cocoa fruit borer *Carmenta foraseminis* Eichlin, 1995 [Lepidoptera, Sessidae]. The moth *Carmenta foraseminis* Eichlin 1995 is a lepidopteran borer of the cocoa tree. In 2013, researchers collected it in Linhares, ES. Since then, its populations have increased, causing damage to production and requiring the development of control technology. It is a cryptic species that is sheltered inside the fruit for most of its biological cycle, being exposed outside the fruit only in the adult, egg and a few hours of the first larval instar stages. Therefore, its chemical control requires active principles with high insecticidal potential. This research evaluated insecticides from the pyrethroid and avermectin groups. Spraying used 600 ml of water per plant. The insecticides bifenthrin 100 EC, lambda-cyhalothrin 50 EC, zeta-cypermethrin 350 EC, phenproathrin 300 EC and abamectin 18 EC were diluted, respectively, in 0.5 ml, 0.4 ml, 0.2 ml, 0.3 ml and 0.6 ml of the formulated product per liter of water. In these dilutions, they effectively control the *C. foraseminis* caterpillar. The experimental results recommend starting the control of the pest outbreak when monitoring indicates a maximum of five % of attacked fruits. In each outbreak, carry out two sprays with an interval of thirty days between them. Monitoring should continue thirty days after the second application. To prevent the pest from developing resistance to insecticides, it is necessary to organize a rotation of pesticides from different chemical groups and modes of action and include insecticides in the integrated pest management plan.

Key words: *Theobroma cacao*, insecticide, drill, management, pest, pesticide

Introdução

Carmenta foraseminis Eichlin, 1995 [Lepidoptera, Sessidae] é uma mariposa que mede entre $1,88 \pm 0,14$ cm de comprimento (Delgado-P, 2005). O seu corpo exibe coloração que varia de negro a marrom com uma faixa amarela na região posterior da cabeça, duas faixas amarelas longitudinais no tórax e sete faixas amarelas transversais no abdômen (Figura 1). As asas anterior e posterior apresentam nervuras pretas e, entre as nervuras, regiões membranosas hialinas. A coloração da antena varia de preta a marrom e, no macho, a região distal da antena é mais larga do que a região basal próxima ao pedicelo (Figura 1).

O ciclo biológico é composto pelas fases de ovo, larval, pupa e adulta. As fases de ovo e adulta desenvolvem fora do fruto e as fases de lagarta e pupa desenvolvem protegidas dentro do fruto. Em condições ambientais controladas, com temperaturas entre 22,5 a 26,5°C, o ciclo se completa entre 57 a 71 dias. A longevidade do ovo varia entre 6,5 a 7 dias. A fase larval apresenta cinco mudas de tegumento (ecdises) e é completada em 28 a 36 dias. A fase de pupa dura entre 16,5 a 21 dias e o adulto pode viver entre 5 a 7 dias (Cubillos, 2013; Senejoa-Lizcano, 2015). A reprodução é sexuada com concurso de fêmea e macho. O potencial reprodutivo

é estimado em 70 ovos/fêmea (Sánchez e Herrera, 2005). Estes dados acima permitem estimar até seis gerações *C. foraseminis* por ano.

Carmenta foraseminis põe os ovos nos frutos em depressões da casca, nas proximidades do pedúnculo (Sánchez e Herrera, 2005) e a fêmea seleciona e coloca seus ovos em frutos, predominantemente, com o mínimo de quatro meses de desenvolvimento ou em fase de enchimento de amêndoa (Delgado-Puchi, 2005; Cubillos, 2013; Benassi et al., 2013). Após emergir do ovo, a larva penetra a cutícula do epicarpo, atravessa o mesocarpo e segue se alimentando da mucilagem e placenta, em direção ao centro do fruto até alcançar amêndoas firmes (Figura 2).

O prejuízo gerado por *C. foraseminis* depende da idade do fruto em que a lagarta ataca. Em frutos verdes, com amêndoas ainda aquosas, o ataque da lagarta *C. foraseminis* causa perda total por que o fruto não se desenvolve. Em frutos verdolengo ou maduro, sem orifício de saída da mariposa e que ainda contenha a lagarta ou a pupa no interior do fruto, o ataque gera perda é pequena ou quase nula, pois a maioria das amêndoas do fruto ainda pode ser aproveitada. Por sua vez, em fruto com orifício de saída da mariposa aberto e invadido por insetos e microrganismos detritívoros a perda de amêndoa é total (Cubillos, 2013). Perdas de 23% de amêndoa foram reportadas em cacauais de Támeis, Peru



Figura 1 - Macho de *Carmenta foraseminis*.



Figura 2 - Lagarta de *C. foraseminis* atacando e se alimentando da amêndoa de cacau.

(Cubillos, 2013) e 11,5% na zona de Satipo, Perú (Alcantara-Veliz, 2013).

A importância econômica de *C. foraseminis* para a cacauicultura latino americana tem aumentado desde que foi descrita em 1995. Surtos de *C. foraseminis* causando prejuízos em cacauais foram relatados na Venezuela (Delgado-Puchi, 2005; García-R. e Montilla, 2010; Sánchez et al., 2011), na Colômbia (Cubillos, 2013; Figueroa-Medina et al., 2013; Muñoz et al., 2017; Yeirme-Yaneth et al., 2022) e no Perú (Alcantara-Veliz, 2013; Piundo-Aguilar, 2019; Cabezas et al., 2017; Alomía-Lucero e Carmona-Rojas, 2021).

No Brasil, a presença de *C. foraseminis* foi confirmada atacando fruto em cacauais plantados sob a mata raleada no município de Linhares, ES, nas margens do rio Doce (Benassi et al., 2013). Após cinco anos, os níveis de infestação aumentaram. Porém, a *C. foraseminis* não tem sido constatada em cacauais plantados a pleno sol em plantios de cacauzeiros nesse município. Na região cacauzeira baiana a presença de *C. foraseminis* não foi registrada (Nakayama, 2018).

Várias medidas para controlar *C. forasemis* foram pesquisadas: cultural, biológica, genética, física e química. Em parte, o controle cultural tem se mostrado eficaz. Ele consiste em reduzir o intervalo entre colheitas, identificar, separar e quebrar os frutos infestados e, depois, amontoar as cascas e resíduos cobrindo com uma lona plástica ou tela para impedir que as pupas vivas aderidas aos fragmentos de cascas liberem as mariposas para o ambiente. Contudo, essa tática isoladamente não tem se mostrado eficiente. Uma medida que pode reduzir o ataque da lagarta de *C. foraseminis* aos frutos dos cacauzeiros é o controle químico. Assim, esse trabalho visou determinar a eficiência de inseticidas dos grupos dos piretróides e avermectinas sobre ovos e lagartas de *C. foraseminis*.

Material e Métodos

O experimento foi instalado no Sítio São Domingos, do proprietário Gladistone Loyola, localizável pelas coordenadas 19°25'47.8"S 40°03'58.8"W, na estrada da Jatá-peba, Linhares, ES. O cacau com

seis anos de clonado era sombreado com árvores nativas e composto pelas variedades CCN51, SJ02, PH 16 e PS1319, com cacauzeiros plantados no espaçamento 3x3 metros, irrigados por aspersão e adubados para alcançar produção de 2000 kg/amêndoa seca/ha. No início da pulverização os cacauzeiros apresentavam, entre bilro e fruto grande, uma média de 27 frutos/planta.

O experimento foi plotado em blocos casualizados com quatro repetições e seis tratamentos. Cada parcela foi constituída de trinta e duas plantas, quatro linhas com oito plantas/linha. Para evitar o efeito deriva da pulverização entre parcelas, no bloco foram mantidas três plantas (nove metros) entre parcelas e entre blocos quatro linhas (12 metros).

Aplicaram as caldas inseticidas com pulverizador-atomizador costal motorizado, utilizando 400 ml de água/planta. Visto que a pluviometria no período de instalação do experimento, outono e inverno, podia favorecer o desenvolvimento de doença, para prevenir as infecções pela Vassoura de Bruxa - *Moniliophthora perniciosa* (Stahel) Aime & Phillips-Mora (2005), às caldas inseticidas foi adicionado o fungicida tebuconazole 200 EC (200 g i.a. por litro do fungicida formulado), na proporção de dois ml p.c./ litro de água. Também foi adicionado espalhante adesivo na diluição de 0,2 ml/litro de água. Os princípios ativos dos inseticidas, as marcas comerciais e as diluições (ml do produto comercial/litro de água) dos inseticidas testados estão na Tabela 1.

Uma colheita dos frutos maduros e uma limpeza fitossanitária, para retirar os frutos atacados pela

Tabela 1 - Relação de inseticidas, diluições e tratamentos do experimento

Tratamentos	ml do inseticida formulado/litro de água	Ingrediente ativo (ia)	Grupo químico e modo de ação nos organismos (**)
1 - Talstar 100 EC	0,5	Bifentrina	Piretróide
2 - Karate 50 EC	0,4	Lambda-cialotrina	Piretróide
3 - Mustang 350 EC	0,2	Zeta-cipermetrina	Piretróide
4 - Danimem 300 EC	0,3	Fenpropatina	Piretróide
5 - Abamex 18 EC	0,6	Abamectina	Avermectina
6 - Testemunha	-	-	-
Folicur 200 EC*	2,0	Tebuconazole	Triazol

(**)Piretróide: inseticida que pertence ao grupo 3A e atua sobre os moduladores alostéricos de canais de sódio presentes nos sistemas nervoso e muscular dos organismos (IRAC, 2023). Avermectina – inseticida pertencentes ao grupo seis com mecanismos de ação que interfere nos mecanismos moduladores alostéricos de canais cloro mediados pelo glutamato dos organismos alvos (IRAC, 2023).

Carmenta e infectados por fungos, foram realizadas um dia antes da primeira pulverização.

As pulverizações e avaliações foram realizadas com intervalo de trinta dias conforme calendário, a seguir: 1ª aplicação em: 02/08/2022; 2ª aplicação e 1ª avaliação em: 06/09/2022; 3ª aplicação e 2ª avaliação em: 04/10/2022; 4ª aplicação e 3ª avaliação em 01/11/2022. Nas avaliações, todos os frutos maduros foram colhidos e examinados seus interiores. As cascas dos frutos foram mantidas nas parcelas.

A eficiência dos inseticidas foi calculada através da fórmula:

$$\text{Porcentagem de eficiência} = [(\% \text{ de fruto atacado na testemunha} - \% \text{ de fruto atacado no inseticida}) / (\% \text{ de fruto atacado na testemunha})] * 100$$

Na análise dos dados, primeiro foi calculada a porcentagem de fruto atacado por parcela utilizando a fórmula:

$$\text{Porcentagem de fruto atacado} = (\text{fruto atacado da parcela} * 100) / \text{total de frutos da parcela.}$$

Em seguida, a porcentagem de fruto atacado foi transformada em arco seno e as análises de variâncias foram processadas empregando o pacote estatístico SAS.

Nas análises de variâncias, primeiro, foi testado um modelo completo incluindo os fatores mês, bloco e tratamentos (inseticidas e testemunha) com variáveis explicativas e porcentagem de fruto atacado como variável resposta. Isto é, foi realizada uma análise de variância sobre o conjunto de dados das três avaliações: setembro, outubro e novembro. A seguir, três análises de variâncias foram aplicadas sobre os dados de cada avaliação mensal para analisar o desempenho dos inseticidas através do Teste Tukey a 5%. Todos os resultados foram plotados em gráficos editados no Excel.

Tabela 2. Análise de variância do modelo geral incorporando o conjunto das três avaliações considerando como variável explicativa os fatores mês, bloco e tratamentos (inseticidas e testemunha)

Causa de variação	GL	SSQ	QM	F	Pr >F
Mês	2	0,04747929	0,02373965	14,78	<,0001
Bloco	3	0,02097544	0,00699181	4,35	0,0083
Tratamentos	5	0,07352210	0,01470442	9,15	<,0001
Mês/Tratamentos	10	0,04803561	0,00480356	2,99	0,0048
Resíduos	51	0,08192213	0,00160632		
Total	71	0,27193457			

Resultados e Discussão

O resultado da análise de variância do modelo completo está relatado na Tabela 2. Constata-se que os fatores bloco, mês e tratamento foram significativos pelo teste F e que houve interação significativa entre tratamento e mês.

O bloco sendo significativo assegura que foi adequado o delineamento experimental adotado por que *C. foraseminis* exibe, presumivelmente, uma distribuição espacial irregular, concentrando suas populações mais em alguns locais do que em outras locais. Esta distribuição irregular foi detectada pelos blocos experimentais.

O mês é uma variável física que representa o tempo ecológico. Por tanto ele não pode modificar diretamente a frequência de frutos atacados. Porém, um fator que varia no tempo ecológico é a população de *C. foraseminis*. Assim, como a variável mês foi significativo é deduzível que a população da *C. foraseminis* variou ao longo dos três meses modificando a frequência de frutos atacados. Por sua vez, a variável tratamento foi significativa, então, deduz-se que a pulverização dos inseticidas e a ausência de inseticida (testemunha) modificaram a intensidade de frutos atacados.

A interação significativa entre mês/tratamento representa que a infestação de *C. foraseminis* nos frutos variou durante os meses e que alguns tratamentos, diferentes inseticidas ou testemunha, produziram distintos impactos na frequência de frutos atacados ao longo dos três meses.

Estes fatos podem ser visualizados ao examinar, sequencialmente, as Figuras 3, 4 e 5. Trinta dias depois da primeira aplicação, a Figura 3 mostra que o total e a porcentagem de fruto atacado dos tratamentos inseticidas e testemunha foram equivalentes e os inseticidas não diferiram entre si (Tabela 3), Tukey do mês de setembro-1ª avaliação). Nesta avaliação, somente, os inseticidas zeta-cipermetrina e fempropatrina manifestaram algum indício de controle, obtendo eficiência média abaixo de 13%.

Sessenta dias depois da primeira aplicação e sob o impacto das duas aplicações, a Figura 4 mostra que a

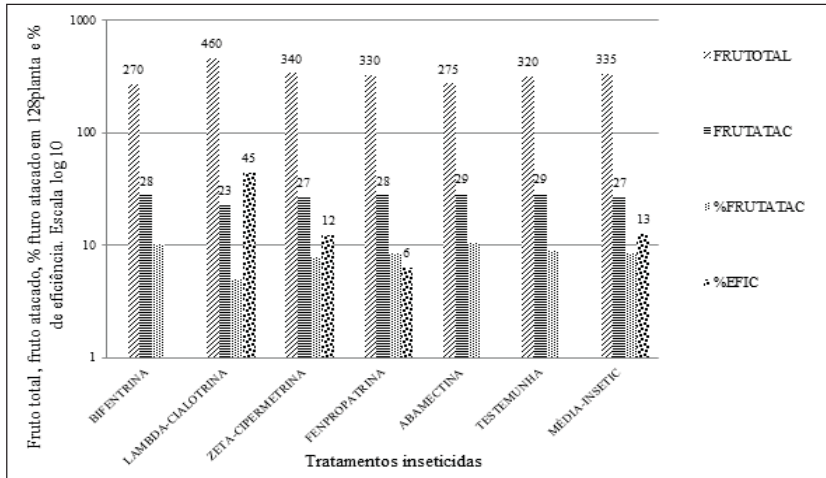


Figura 3 - Eficácia uma aplicação de inseticida no controle de *C. forasemis*. Setembro/2022-1ª avaliação. Linhares. ES

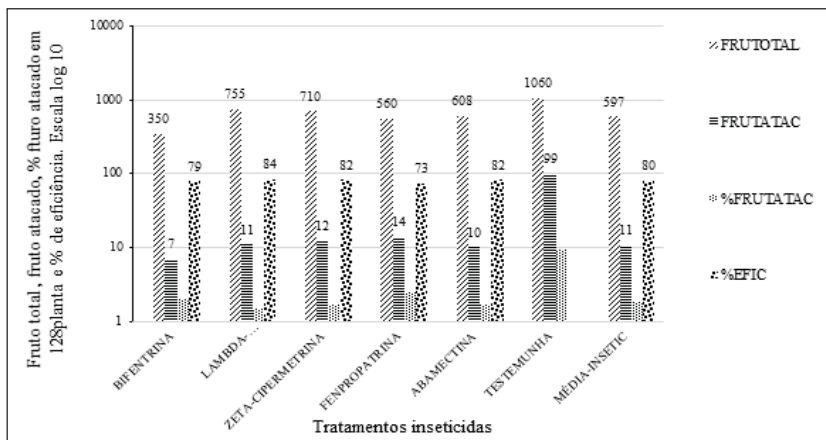


Figura 4 - Eficácia duas aplicações de inseticida no controle de *C. forasemis*. Outubro/2022-2ª avaliação. Linhares. ES.

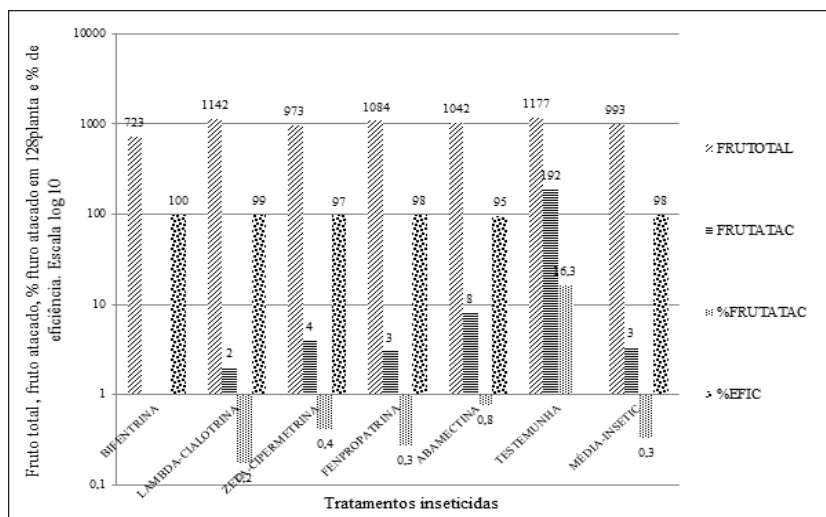


Figura 5 - Eficácia de três aplicações de inseticida no controle de *C. forasemis*. Novembro/2022- 3ª avaliação. Linhares. ES

quantidade e a porcentagem de fruto atacado dos tratamentos inseticidas foram muito menores do que daquelas observadas na primeira avaliação, apesar da quantidade de fruto colhido na segunda avaliação ter sido maior. As eficácias de controle se elevaram e alcançaram índices maiores do que os índices alcançados na primeira avaliação (Figura 4 contra Figura 3). Os inseticidas não diferiram entre si, mas eles diferiram da testemunha (Tabela 3, Tukey do mês de outubro-2ª avaliação).

Na primeira avaliação, as eficiências de controle dos inseticidas foram baixas porque, trinta dias antes, quando a primeira aplicação foi realizada, já havia frutos verdes desenvolvidos atacados com a larva dentro. Estes frutos verdes infestados não foram eliminados no desbaste fitossanitário, porque neste estágio da infestação os frutos verdes atacados não são distinguíveis e identificáveis.

De fato, na primeira avaliação, os frutos maduros colhidos, trinta dias antes, na data da primeira aplicação, eles estavam verdes ou no máximo de vez e com cinco meses de idade no máximo, visto que a maturação dos frutos ocorre com seis meses. Sabe-se que a mariposa de *C. foraseminis*, preferencial e predominantemente, seleciona e põe seus ovos em frutos com idade de quatro meses de desenvolvimento (Delgado-Puchi, 2005), mas também pode infestar frutos verdes, mais jovens, com amêndoas ainda aquosas ou com maturação mais adiantada (Cubillos, 2013). Portanto, na data da primeira aplicação, fica assegurado que uma parte dos frutos verdes presentes nos cacaueiros já estavam infestados e reduziram as eficácias dos inseticidas na primeira avaliação.

Tabela 3. Comparação da % de infestação de fruto através do Teste Tukey (5%)

Setembro			Outubro			Novembro		
Tukey 5%	Média	Inseticida	Tukey 5%	Média	Inseticida	Tukey 5%	Média	Inseticida
A	0,04	Lambda-Cialotrina	B	0,02	Lambda-Cialotrina	B	0,00	Bifentrina
A	0,08	Fenpropatrina	B	0,02	Zeta-Cipermetrina	B	0,00	Lambda-Cialotrina
A	0,08	Zeta-Cipermetrina	B	0,02	Bifentrina	B	0,00	Fenpropatrina
A	0,09	Testemunha	B	0,03	Fenpropatrina	B	0,01	Zeta-Cipermetrina
A	0,10	Bifentrina	B	0,03	Abamectina	B	0,01	Abamectina
A	0,12	Abamectina	A	0,09	Testemunha	A	0,17	Testemunha
Coef. Var.(%)	7,94			6,46			1,41	

Os inseticidas elevaram ou mantiveram altas as eficácias de controle 90 dias depois da primeira aplicação e sob o impacto acumulativo das três aplicações, realizadas com intervalo de 30 dias entre elas. Constata-se que as três aplicações geraram uma acentuada redução no número e na % de frutos atacados e elevaram a eficácia média dos inseticidas para 98% (Figura 5). Entre os inseticidas não houve diferença estatística, mas todos diferiram da testemunha (Tabela 3 - avaliação de novembro).

Os resultados comprovam que os inseticidas são eficazes contra *C. foraseminis* e que são satisfatórios do ponto de vista de manejo. Por outro lado, esta experimentação revela que mesmo depois de três aplicações, com alguns inseticidas ainda ocorreu um percentual, abaixo de 1%, de frutos atacados. A bifentrina foi o único inseticida que zerou a ocorrência de novas infestações nos frutos (Figura 5) depois de três aplicações. Portanto, o intervalo de trinta dias entre aplicações é adequado para a bifentrina, na dosagem avaliada.

Este fato indica que a camada protetiva e residual dos inseticidas Lambda-Cialotrina, Zeta-Cipermetrina, Fenpropatrina e Abamectina, gerada pela deposição dos inseticidas sobre a epiderme do fruto, mata ovos e larvas durante uma parte significativa do período entre aplicações, de trinta dias, mas não protege uma fração final do período de trinta dias, permitindo que larvas eclodidas de novos ovos penetrem a casca do fruto. Na dosagem avaliada, a bifentrina foi a que demonstrou o maior efeito residual, tendo sido capaz de prevenir durante trinta dias o ataque das lagartas originadas de novas posturas (Figura 5).

Para melhorar a eficácia dos inseticidas Lambda-Cialotrina, Zeta-Cipermetrina, Fenpropatrina e Abamectina há duas alternativas de pesquisa. Ou avaliar

intervalos menores, 20 a 25 dias, entre aplicações ou incrementar as concentrações dos inseticidas.

A despeito desta necessidade, os resultados desta pesquisa garantem que trinta dias de intervalo entre aplicações e as dosagens dos inseticidas são adequados porque, com três aplicações, as infestações foram reduzidas abaixo de 1% de frutos atacados. Assim, os inseticidas avaliados podem ser recomendados nas dosagens testadas com intervalo de 30 dias entre aplicações.

A dinâmica populacional de *C. foraseminis* ainda não foi pesquisada na região de Linhares no ES. Mas, a fenologia de frutificação do cacauete assegura que ocorrem dois acmes de polinização, bilração e frutificação. No verão, um pequeno pico entre janeiro, fevereiro e março, outro pico maior, no início do outono, em abril, maio e junho.

É sabido que *C. foraseminis*, predominantemente, infesta frutos com idade mínima de quatro meses. Como é natural haver correlação entre disponibilidade de recurso alimentar (fruto de quatro meses) e população, então, como frutos de quatro meses de idade aumenta a partir de abril, então também é esperado aumento da população de *Carmentis* sp a partir destes meses. O experimento foi iniciado em agosto. Na testemunha, a infestação de lagarta em fruto em setembro, outubro e novembro foram, respectivamente, de 9%, 9% e 16%. Este resultado sustenta a tese de que a população de *Carmentis* aumenta a partir do início do outono e cresce conforme o aumento de frutos desenvolvido.

Os resultados demonstraram que infestações acima de 10% de frutos atacados (Figura 3) exigiram o mínimo de três pulverizações para reduzir as infestações para níveis não prejudiciais e interromper o surto da praga. Por isso, é recomendável que as

pulverizações sejam iniciadas quando o monitoramento indicar, no máximo, 5% de frutos infestados. Cada bateria de pulverização deve ser composta de duas aplicações, espaçadas de trinta dias. O monitoramento deve ser retomado trinta dias após a 2ª aplicação de cada bateria.

Os resultados do experimento sugerem que, durante um ano agrícola, o controle químico de *C. foraseminis* poderá exigir mais de três pulverizações, porque os surtos de *Carmenta* sp poderão ocorrer de abril até dezembro. Assim, para prevenir o desenvolvimento de resistência de *C. foraseminis* aos inseticidas, é obrigatória a rotatividade dos inseticidas empregando moléculas com distintos modos de ação e de diferentes grupos químicos.

Os inseticidas avaliados pertencem aos grupos químicos piretróides e avermectinas. O modo de ação sobre os organismos dos piretróides é do grupo 3A e caracteriza como moduladores de canais de sódio enquanto que o modo de ação das avermectinas é caracterizado como estimulador da liberação do ácido-gama-amino-butírico (GABA). Estes dois tipos - grupos de modo de ação são insuficientes para garantir uma rotatividade de inseticida, quanto ao modo de ação, adequada porque a *Carmenta* sp pode elevar surtos por mais de oito meses no ano, exigindo mais de duas aplicações/safra agrícola. Portanto, esta pesquisa deve ser continuada e inseticidas com outros tipos de modos de ação devem ser avaliados.

Conclusões

As infestações de *C. foraseminis* em frutos de cacau, na região de Linhares, ES, anualmente começam a aumentar a partir do outono, estação do ano, a partir da qual, a infestação da praga deve ser monitorada, anualmente, através de levantamentos em fruto verde e desenvolvido, próximo a maduro e maduro.

Inseticidas dos grupos piretróides e avermectinas em dosagens adequadas são eficazes no controle de *C. foraseminis*.

Os inseticidas bifentrina 100EC, lambda-cialotrina 50EC, zeta-cipermetrina 350EC, fenpropatina 300EC e abamectina 18EC, nas diluições, em mililitros (ml) do inseticida formulado por litro de água, respectivamente, de 0,5 ml, 0,4 ml, 0,2 ml, 0,3 ml e 0,6 ml controlam, eficientemente, *C. foraseminis*.

O manejo químico de *C. foraseminis* deve ser iniciado quando o monitoramento da infestação no fruto constatar, o máximo, de 5% de frutos infestados, devendo ser realizadas duas aplicações, sucessivas, espaçadas de trinta dias.

O uso racional dos inseticidas no manejo de *C. foraseminis* recomenda que seja adotada rotatividade de inseticidas de distintos grupos químicos e com diferentes modos de ação sobre os sistemas nervoso, muscular e tegumentar dos organismos.

Literatura Citada

- ALCANTARA-VELIZ, C. D. 2013 - Ciclo biológico de *carmenta foraseminis* Eichlin, em *Theobroma cacao* - en La zona de Satipo. Perú. Thesis Bachiller Agronomã. Universidad Nacional Del Centro Del Perú (UNCP)-FCA. 41p.
- ALOMÍA-LUCERO, J.M; CARMONA-ROJAS, E. 2021. Daños y hábitos de La polilla *Carmenta foraseminis* Eichlin en frutos de *Theobroma cacao* en La zona de Satipo - Perú. Revista Investigación Agraria 3(3):8-20
- BENASSI, V. L. C.; SOUZA, C. A.; VALENTE, F. I.; LENZI, J. C. 2013. *Carmenta foraseminis* (Lepidoptera: Sesiidae), nova broca de frutos de cacau no Brasil. Revista de Agricultura (Brasil) 88:70-75.
- CABEZAS, O. E. et al. 2017. Estado fitossanitário em La producción de cacao (*Theobroma cacao* L.) en La región de Huanuco (Peru): Incremento Del impacto de *Carmenta foraseminis* Eichlin. International Symposium on Cocoa Research (ISCR), Lima, Peru.
- CUBILLOS, G. 2013. Manual de La Mazorca Del Cacao, *Carmenta foraseminis* (Busck) Eichlin. Compañía Nacional de Chocolates S.A.S. Área de Compras y Fomento Agrícola. Cra. 43 A No. 1 A SUR – 143. Medellín, Colômbia. 30p.
- CUBILLOS, G. 2022. Pre-existence of cacao pod borer (*Carmenta foraseminis* Busck) Eichlin) in dry tropical living environments. Horticulture International Journal. Volume 6 Issue 1.
- DELGADO-PUCHII, N. 2005. Caracterización morfológica de los Sesiidae (Insecta: Lepidoptera)

- perforadores Del fruto Del cacao (*Theobroma cacao* L.), presentes en La región costera Del estado Aragua, Venezuela. *Entomotropica* 20:97-111.
- EICHLIN, T. D. 1995. A new panamanian clearwing moth (Sesiidae: Sesiinae). *Journal of the Lepidopterists' Society* 49 (1):39 - 42.
- FERNANDES, L. C.; FAGUNDES, M.; SANTOS, F. A.; SILVA, G. M. 2004. Abundância de insetos herbívoros associados ao pequizeiro (*Caryocar brasiliense* Cambess.). *Revista Árvore (Brasil)* 28:919-924.
- FIGUEROA-MEDINA, W. et al. 2013. Efecto de las cepas nativas *Paecilomyces* sp. (Bainier) y *Lecanicillium* sp. (Zimm) en el control de *Carmenta foraseminis* Eichlin (Lepidoptera: Sesiidae) en cultivos de cacao (*Theobroma cacao* L.). *Acta Agronómica* 62(3):279-286.
- GARCÍA-R., J.; MONTILLA, R. 2010. Hymenopteros parasitoides of insects associated to the cacao plantations, in the Coastal Region of the State Aragua, Venezuela. *Agronomía Tropical* 60(1):91-97.
- IRAC. 2023. Modo de ação de inseticidas e acaricidas. <https://www.irac-br.org/modo-de-acao>.
- LOPES, P. S. N., REIS, J. C. P. R., OLIVEIRA, J. M., ROCHA, I. D. F. 2003. Caracterização do ataque da broca dos frutos do pequizeiro. *Revista Brasileira de Fruticultura* 25(3):540-543.
- MUÑOZ, J.; VÁSQUEZ, Y.; MURIEL, S. 2017. “Estimación de pérdidas generados por *Carmenta foraseminis* (busck) Eichlin (Lepidoptera: Sesiidae) en El grano comercial de cacao (*Theobroma cacao* L.) y registro de controladores biológicos en La granja ‘Rafael Rivera’, San Jerónimo (Antioquia-Colombia).” *Boletín Del Museo de Entomología de La Universidad Del Valle* 17(2):29.
- NAKAYAMA, K. 2018. Surto de lepidobrocas atacando frutos de cacaueiro. *Boletim Técnico* nº 210. CEPLAC/CEPEC, Ilhéus, BA. 26p.
- PIUNDO-AGUILAR, D. 2019. Infestacion Del “mazorquero Del cacao” (*Carmenta foraseminis* Busck, Eichlin) y registro de sus enemigos naturales en época de alta precipitación, em los caserios de Camote e Pozo Rico, Monzón – Huánuco. Thesis Bachiller de Agronomía tropical. Tingo María – Perú. Univ. Nac. Agraria de La selva. Fac. de Agron. Escola Profes de Agron. FA. 92p.
- SÁNCHEZ, J. HERRERA, M. 2005. Ciclo biológico Del perforador del fruto de cacao *Carmenta foraseminis* en condiciones de laboratorio. XIX Congreso Venezolano de Entomología. San Felipe, Yaracuy. Resúmenes. *Entomotropica* 20(2):127-204.
- SÁNCHEZ, M. C. et al. 2011. Duracion de La fase adulta y emergencia de machos y hembras del perforador del fruto de cacao em Choroni y Maracay, Estado Aragua. *Agronomía Tropical* 61(3-4):241-251.
- SANTOS, R. A.; LIMA, V. O. B.; SILVA, T. G. M. 2021. Occurrence of insects pests in fruits of *Caryocar brasiliense* (Caryocaraceae) in the North of Minas Gerais. *Revista Caatinga (Brasil)* 34(3):631-639.
- SENEJOA-LIZCANO, C.E. 2015. Ciclo biológico del perforador de la mazorca del cacao (*Carmenta foraseminis* Eichlin) (Lepidoptera: Sesiidae) en los principales departamentos productores de Colombia. Thesis de maestría. Palmira, Colombia. Universidad Nacional de Colombia.
- YEIRME-YANETH, J. SUÁREZ et al - 2022- Modelo productivo para el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) en el departamento de Boyacá. Mosquera, (Colombia): agrosavia. 216p.



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

Kazuiyuki Nakayama

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

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

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

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

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

Introdução

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Material e Métodos

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Resultados e Discussões

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

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

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



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

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

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



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



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

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

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

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

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

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



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



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

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

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



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

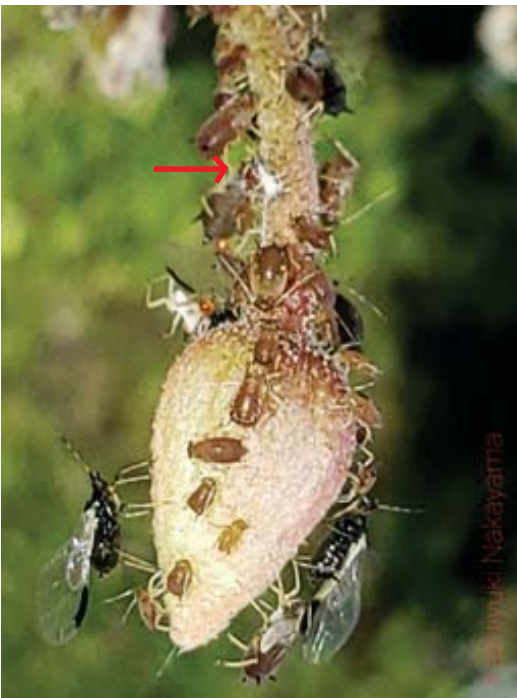


Figura 7 - Fêmeas aladas e ápteras de *Aphis aurantii* (Boyer, 1841) sobre o pedicelo e as sépalas do botão floral. Região costa-apical da asa anterior com faixa longitudinal preta. Exúvias brancas aderidas ao pedúnculo.

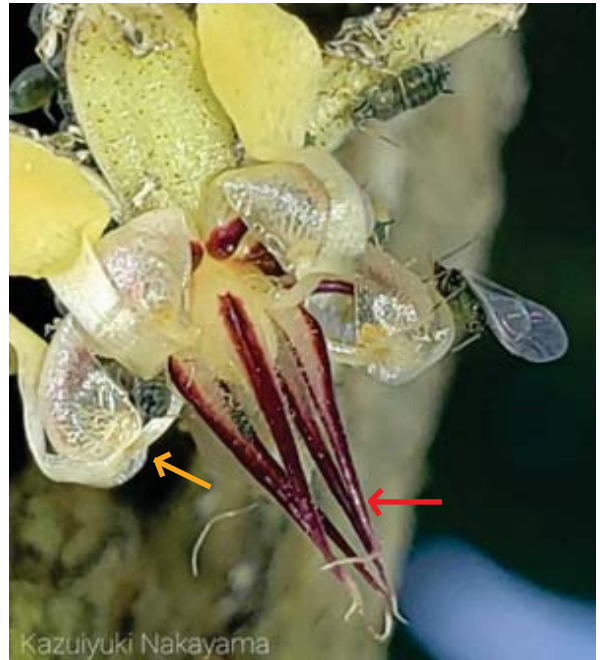


Figura 8 - *Aphis gossypii* (Glover, 1877), pulgão dentro da concha e sobre a antera (seta laranja). Estaminódios oclucos (seta vermelha) limitando acesso dos pulgões ao estigma.

O evento de polinização por afídeo

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

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

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

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

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



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



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



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

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

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

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

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



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

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

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

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

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

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

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

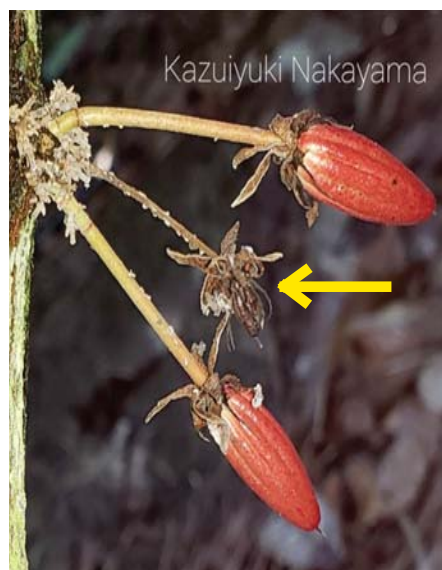


Figura 13 - Bilro-flor iniciado e abortivo, possivelmente, devido à polinização insuficiente.



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

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

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



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



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

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

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



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

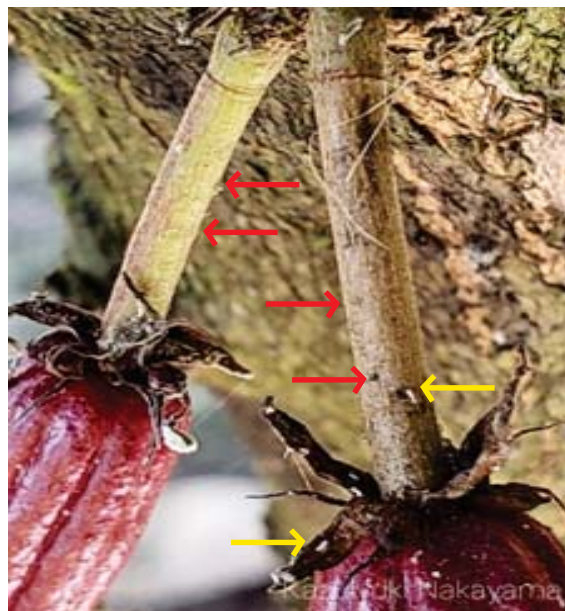


Figura 19 - Escurecimento da casca do pedúnculo e manchas necróticas nos pontos sugados pelos pulgões (seta vermelha) e exúvias (seta amarela).

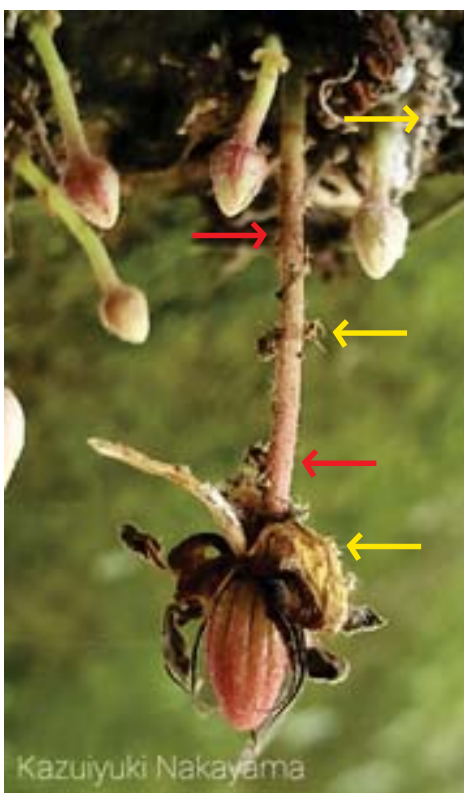


Figura 18 - Casca do pedúnculo com micros manchas necróticas (seta vermelha) e exúvias (seta amarela).



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

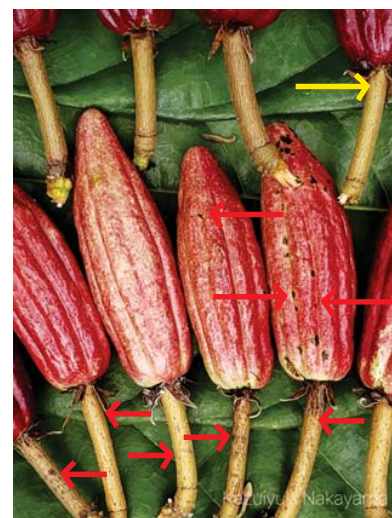


Figura 21 - Bilros de três a quatro semanas de idade com cascas dos pedúnculos mostrando manchas necróticas (setas vermelhas) de várias gradações e diâmetros. Pedúnculos colonizados por pequenas colônias geram fracas e delicadas necroses, quase imperceptíveis (seta amarela).

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

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

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

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

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

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



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

Figura 22 - pequena almofada com bilro isolado.



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



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



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



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

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

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

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

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

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



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



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



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

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

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



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



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

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

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

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

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

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

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



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

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

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

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



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

Prejuízo do pulgão sobre o botão floral e florescência.

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

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



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



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

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

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

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

Vantagens proporcionadas pela autocompatibilidade.

Considerando a variável polinização, o cacauai varietal autocompatível apresenta as seguintes vantagens em relação ao cacaui seminal, composto com algum percentual de plantas autoincompatível:

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

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

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

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

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

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

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

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



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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

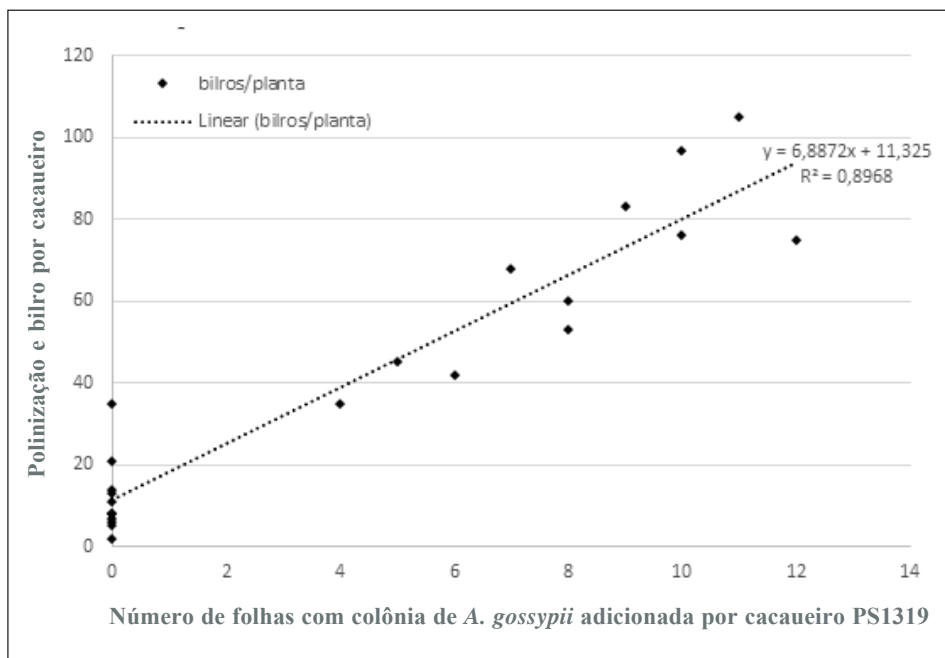


Figura 38 - Polinização e bilração gerada pela infestação artificial de colônias do pulgão *Aphis gossypii* sobre o cacaueiro autocompatível.

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

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

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

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

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

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

Conclusões

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Agradecimentos

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

Literatura Citada

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

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

SCIENTIFIC NOTE

***Chrysomphalus dictyospermi* (MORGAN, 1889) (HEMIPTERA: DIASPIDIDAE)
INFESTING THE ORNAMENTAL PLANT *Dianella tasmanica* 'VARIEGATA'
HOOK.F. (ASPHODELACEAE) IN GOIÁS, BRAZIL**

***Marcelo Tavares de Castro*^{1*}, *Sandro Coelho Linhares Montalvão*¹,
*Vera Regina dos Santos Wolff*²**

¹SoluBio Tecnologias Agrícolas, Rodovia GO 184 Km 09, 75.809-899, Jataí, GO, Brazil. marceloengflorestal@gmail.com; sandro.coelho@yahoo.com.br. ²Secretaria da Agricultura, Pecuária, Produção Sustentável e Irrigação, Departamento de Diagnóstico e Pesquisa Agropecuária, 90130-060, Rio Grande do Sul, RS, Brazil. wolffvera@gmail.com.

*Corresponding Author: marceloengflorestal@gmail.com

Dianella tasmanica Hook.f. (Asphodelaceae) is an ornamental herbaceous plant widely used in landscaping in several Brazilian cities. This study reports the occurrence of the scale *Chrysomphalus dictyospermi* (Morgan, 1889) (Hemiptera: Diaspididae) on leaves of *D. tasmanica*. Leaf samples with the scale insect were collected in Goiás, Brazil. The main symptoms observed in the leaves were yellowing of the leaf blade and drying of the apex, making them visually unattractive. This is the first report of the occurrence of this scale insect on *D. tasmanica*.

Key words: Agricultural Entomology, phytophagous insects, scale insects.

***Chrysomphalus dictyospermi* (Morgan, 1889) (Hemiptera: Diaspididae) infestando a planta ornamental variegata *Dianella tasmanica* Hook.f. (Asphodelaceae) em Goiás, Brasil.** *Dianella tasmanica* Hook.f. (Asphodelaceae) é uma planta herbácea ornamental comumente utilizada no paisagismo em várias cidades brasileiras. Esse estudo relata a ocorrência da cochonilha *Chrysomphalus dictyospermi* (Morgan, 1889) (Hemiptera: Diaspididae) em folhas de *D. tasmanica*. Amostras de folhas com a cochonilha foram coletadas no município de Jataí, estado de Goiás, Brasil. Os principais sintomas observados nas folhas foram amarelecimento do limbo foliar e secagem do ápice, tornando-as visualmente pouco atraentes. Este é o primeiro relato de ocorrência dessa cochonilha em *D. tasmanica*.

Palavras-chave: Entomologia Agrícola, insetos fitófagos, cochonilhas.

The landscaping of large Brazilian cities is composed of various native and exotic plant species, with great emphasis on those with exuberant foliage and flowering. Plants of the Asphodelaceae family are commonly used for ornamentation and garden composition, due to the beauty of their foliage (Gil & Schneider, 2020). Within the family, the genus *Dianella* is one of the most used and has about 30 described species (Chaudhuri, Panja & Saha, 2017), with emphasis on *Dianella tasmanica* Hook.f., popularly known as ‘dionela’ or ‘dianela’ (Gil & Schneider, 2020).

Dianella tasmanica is an herbaceous species, native to Australia and Tasmania, perennial, tussock and that produces rhizomes, having its use mainly in the covering of gardens. Its leaves are long and narrow, dark green in color with serrated margins. The ‘variegata’ variety has a yellowish color on the edges of the leaves, which makes it even more interesting to be used for landscaping purposes (Malwattage et al., 2021). It is an easy-to-grow plant and presents some phytosanitary problems mainly caused by pathogens, mainly fungi (Chaudhuri, Panja & Saha, 2017).

Insects (Insecta) are arthropods that can be found in the most varied types of habitats and niches, establishing either harmonious or disharmonious relationships with other organisms. Within the class, the order Hemiptera stands out for the richness and abundance of its species, with representatives that can be either beneficial or harmful to plants (Fujihara et al., 2016). Scale insects (Hemiptera, Sternorrhyncha, Coccoidea) are phytophagous insects frequently observed in native and exotic plants and can cause enormous economic losses when not controlled (Gillott, 2005; Grazia et al., 2012). Therefore, knowledge of the host range of the different species of scale insects already known is an important tool for effective management.

Among the reported scale insects associated with the genus *Dianella*, there are two of the genus *Chrysomphalus* (*Chrysomphalus bifasciculatus* (Ferris, 1938), *Chrysomphalus dictyospermi* (Morgan, 1889)), one of the genus *Poliaspis* (*Poliaspis floccosa* (Henderson, 2011)) and one of the genus *Pseudaulacaspis* (*Pseudaulacaspis cockerelli* (Cooley, 1897)) all of the Diaspididae family (García-Morales et al., 2016). For *D. tasmanica*, only *P. cockerelli* has been described so

far (García-Morales et al., 2016). This study aimed to report the occurrence of a diaspidid in *D. tasmanica* ‘variegata’ plants.

Scale insects samples were collected in the urban area of the municipality of Jataí, southwest of the state of Goiás, Brazil (17°88’36.8" S; 51°73’99.3" W) in October 2022. The area consisted of an urban residential backyard with *D. tasmanica* plants with approximately eight months old.

Insect collections were authorized by the permit number 57418-4 of Chico Mendes Institute for Biodiversity Conservation, Brazil. Leaf samples with many insects were collected and packed in Falcon tubes containing 70% ethyl alcohol until assembly and identification in optical microscope. Twelve plants of *D. tasmanica* ‘variegata’ infested with the diaspidid were analyzed, by observing the main injuries caused by the insect and the parts of the plant where more individuals were found, through the visual analysis of leaves, stems, floral buds and flowers. Microscopic images were obtained using a digital camera coupled to a Zeiss 3.0 microscope.

Body samples of adult female mealybugs were mounted on permanent slides according Wolff, Botton and Silva (2014) and identified using the keys of Miller & Davidson (2005). Vouchers were deposited in “Museu de Entomologia Ramiro Gomes Costa (MRGC), Departamento de Diagnóstico e Pesquisa Agropecuária, Secretaria de Agricultura, Pecuária, Produção Sustentável e Irrigação, Porto Alegre, Rio Grande do Sul” (n° 2413).

The scale insect was identified as *Chrysomphalus dictyospermi* (Morgan, 1889) (Hemiptera: Diaspididae) using the macroscopic characteristics of the scutes (Figure 1) and microscopic characteristics of the pygidium of adult females (Figure 2). The macroscopic characteristics were adult female cover circular, slightly convex, thin, reddish brown; central and clearer second instar cover; first instar cover whitish. Pygidium characters slide-mounted on adult female slides: with 3 pairs of definite lobes, fourth lobes represented by low series of sclerotized dots. Median lobes separated, with paraphyses attached to the medial margin, medial margins and lateral margins slightly convergent, with 1 lateral notch; second lobes simple, slightly smaller than the median lobes, with 2 lateral notches; third lobes simple,



Figure 1. *Chrysomphalus dictyospermi* (Hemiptera: Diaspididae) on leaves of *Dianella tasmanica* 'variegata' (Asphodelaceae). *Dianella tasmanica* plant infested with scale insects (A); Adaxial part of the leaf presenting many individuals of *C. dictyospermi* (B); and detail of the adaxial part of the leaf with colorose and individuals of *C. dictyospermi* (C). Pictures: M. T. de Castro.

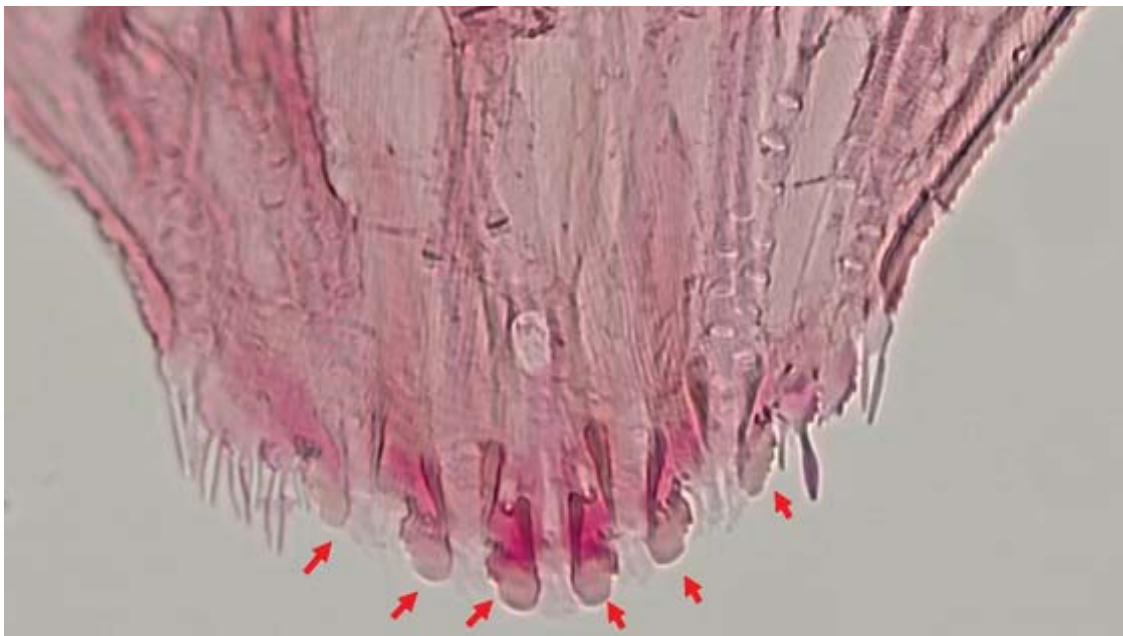


Figure 2. Microscopic details of an adult female of *Chrysomphalus dictyospermi* (Hemiptera: Diaspididae) with morphological details of the pygidium, with 3 pairs of definite lobes (arrows) (200x magnification). Picture: V. R. S. Wolff.

slightly smaller than second lobes. Plates between the lobes fimbriate, after the third lobe with a conspicuous clavate process in the plates (Figure 2).

All the evaluated plants were infested with the scale insect, however, the diaspidid were observed mainly on older leaves. A greater number of individuals of *C. dictyospermi* were found on the upper (adaxial) part of the leaves and no insects were found in other parts of the plants such as the stem, flower buds and flowers. The leaves attacked by the insects showed marked chlorosis, becoming dry at the ends of the leaf apex (Figures 1 A, B and C).

Chrysomphalus is a cosmopolitan genus composed of 17 described species, many of which pests of agricultural and forest crops (García-Morales et al., 2016). Currently, their occurrence records include hundreds of countries and are reported on all continents, except polar zones. Among the main damages caused on plants by scale insects, the intense suction of sap which causes stains, withering and even death of the host stands out (Grazia et al., 2012). Therefore, defining the host range of these insects is important for effective control, especially by adopting integrated management practices.

Chrysomphalus dictyospermi has already been reported in 82 families, including Asphodelaceae, and in 200 plant genera (García-Morales et al., 2016; Martins et al., 2022). Although it has already been found on members of Asphodelaceae family (*Aloe barberae*, *Aloe ciliates*, *Aloe succotrina*, *Dianella intermedia* and *Gasteria* sp.), so far there has been no report of occurrence on *D. tasmanica* (García Morales et al., 2016).

In Brazil, *C. dictyospermi* already been observed in the following states: Bahia, Espírito Santo, Pará, Rio Grande do Sul, Rio de Janeiro and São Paulo (Culik et al., 2008; Martins et al. 2022). The hosts of this scale insect in Brazil are presented in Table 1. This scale insect can present problems in plantations with these plants in the Goiás state due to its polyphagous and cosmopolitan habit. Therefore, this study

Table 1. Hosts of *Chrysomphalus dictyospermi* and its distribution in Brazil

Host	Distribution	References
<i>Agave</i> sp.	BR	
<i>Aloidendron barberae</i>	BR	
<i>Annona</i> sp.	BR	
<i>Annona squamosa</i>	BR	
<i>Anthurium</i> sp.	BR	
<i>Areca</i> sp.	BR	
<i>Areca triandra</i>	BR	
<i>Citrus sinensis</i>	BR	
<i>Cocos</i> sp.	BR	
<i>Syagrus romanzoffianus</i>	BR	
<i>Cycas</i> sp.	BR	
<i>Cycas revoluta</i>	BR	Lepage (1938)
<i>Cyrtopodium</i> sp.	BR	Silva et al. (1968)
<i>Dendrobium</i> sp.	BR	Claps et al. (2001)
<i>Dictyosperma</i> sp.	BR	Claps & Wolff (2003)
<i>Dictyosperma alba</i>	BR	Peronti et al. (2022)
<i>Erythrina indica</i>	BR	
<i>Ligustrum</i> sp.	BR	
<i>Magnolia</i> sp.	BR	
<i>Mangifera indica</i>	BR	
<i>Maranta</i> sp.	BR	
<i>Orchidaceae</i> (unidentified species)	BR	
<i>Palmae</i> (unidentified species)	BR	
<i>Psidium</i> sp.	BR	
<i>Sida ulmifolia</i>	BR	
<i>Rosa</i> sp.	BR	
<i>Spondias dulcis</i>	BR	
<i>Citrus sinensis</i>	RS	Wolff et al. (2004)
<i>Citrus</i> spp.	RJ, SP, RS	Almeida et al. (2018)
<i>Clusia fluminensis</i> Planch & Triana	ES	Culik et al. (2008)
<i>Ficus benjamina</i> L.	ES	
<i>Laurus nobilis</i> L.	RS	Wolff et al. (2009)
<i>Rosa</i> sp.	ES	Culik et al. (2008)
<i>Arecaceae</i> (unidentified species)	ES	
<i>Beaucarnea recurvata</i> Lem.	ES	
<i>Ficus benjamina</i>	ES	
<i>Leea guineenses</i> G. Don	ES	Martins et al. (2022)
<i>Leea rubra</i> Blume	ES	
<i>Syzygium jambos</i> (L.) Alston	ES	
<i>Zamioculcas zamiifolia</i> (Lodd.) Engl.	ES	

BR: undefined state

records for the first time the occurrence of this scale insect on the referred host and this is the first observation for the state of Goiás.

Literature Cited

- ALMEIDA, L. F.V.; PERONTI, A. L. B. G.; MARTINELLI, N.; WOLFF, V. R. S. 2018. A survey of scale insects (Hemiptera: Coccoidea) in citrus orchards in São Paulo, Brazil. *Florida Entomologist* 101(3):353-363.
- CHAUDHURI, T.; PANJA, B.; SAHA, J. 2017. Cultural and morphological characteristics of *Lasiodiplodia theobromae* of *Dianella* in various carbon and nitrogen containing media. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry* 6:160-164.
- CLAPS, L. E.; WOLFF, V. R. S.; GONZÁLES, R. Z. 2001. Catálogo de las Diaspididae (Hemiptera: Coccoidea) exóticas de la Argentina, Brazil y Chile. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina* 60(1-4):9-34.
- CLAPS, L. E.; WOLFF, V. R. S. 2003. Cochinillas Diaspididae (Hemiptera: Coccoidea) frecuentes en plantas de importancia económica de la Argentina y Brasil. *Publicación Especial de La Sociedad Entomológica Argentina*. San Miguel de Tucumán, n. 3. 62p.
- CULIK, M. P.; MARTINS, D. S.; VENTURA, J. A.; WOLFF, V. R. dos S. 2008. Diaspididae (Hemiptera: Coccoidea) of Espírito Santo, Brazil. *Journal of Insect Science* 8(17):1-6.
- LEPAGE, H. S. 1938. Catálogo dos coccídeos do Brasil. *Revista do Museu Paulista (Brasil)* 23:327-491.
- FUJIHARA, R. T.; FORTI, L. C.; ALMEIDA, M. C.; BALDIN, E. L. L. 2016. Insetos de importância econômica: guia ilustrado para identificação de famílias. Botucatu, SP, FEPAF. 391p.
- GARCÍA-MORALES, M.; DENNO, B. D.; MILLER, D. R.; MILLER, G. L.; BEN-DOV, Y. & HARDY, N. B. 2016. ScaleNet: a literature-based model of scale insect biology and systematics. Database. Disponível em: <<http://scalenet.info>> Acesso em: 01.fev.2023.
- GIL, A. S. B.; SCHNEIDER, L. J. C. 2020. Asphodelaceae in Flora e Funga do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB607353>> Acesso em 01.fev.2023.
- GILLOTT, C. 2005. *Entomology*. 3rd ed. Netherlands. Springer. 831p.
- GRAZIA, J. et al. 2012. Hemiptera Linnaeus, 1758. In: RAFAEL, J. A. et al. (Orgs.). *Insetos do Brasil: Diversidade e Taxonomia*. 1ed. Ribeirão Preto, SP, Holos Editora. pp.347-405.
- MARTINS, D. S.; WOLFF, V. R. dos S.; CULIK, M. P.; SANTOS, B. C.; FORNAZIER, M. J.; VENTURA, J. A. 2022. Diversity, distribution and host plants of armored scale insects (Hemiptera: Diaspididae) in Espírito Santo, Brazil. *Biota Neotropica* 22(2):e20211248.
- MILLER, D. R.; DAVIDSON, J. A. 2005. Armored scales insect pests of trees and shrubs (Hemiptera: Diaspididae). Cornell University Press, Ithaca. 442p.
- MALWATTAGE, G.; RATNAYAKE, R. D.; SENEVIRATNE, K. L.; PEIRIS, S. E.; PEIRIS, B. C. N. 2021. Novel surface sterilization technique for in vitro establishment of *Dianella tasmanica* variegata nodal explant. In: *Proceedings of National Symposium on Floriculture Research*, 21, Sri Lanka. *Proceedings...* Department of National Botanic Gardens, NasFlor. pp.8-13.
- PERONTI, A. L. B. G.; WOLFF, V. R. S.; PACHECO da SILVA, V. C. 2022. Coccoidea. In: *Lista da Fauna do Brasil*. Disponível online em: <http://fauna.jbrj.gov.br/fauna/listaBrasil/> Acesso: 03.maio.2023.
- SILVA, A. G. d'A.; GONÇALVES, C. R.; GALVÃO, D. M.; GONÇALVES, A. J. L.; GOMES, J.; SILVA, M. N.; SIMONE, L. 1968. Quarto catálogo dos insetos que vivem nas plantas do Brasil, seus parasitos e predadores, parte dois, tomo I. Rio de Janeiro. Ministério da Agricultura. 622 p. parte II 1^o Tomo.
- WOLFF, V. R. S. et al. 2009. Cochonilhas (Hemiptera, Sternorrhyncha, Coccoidea) associadas às plantas medicinais e aromáticas. *Pesquisa Agropecuária Gaúcha* 15(1):65-68.

WOLFF, V. R. S; BOTTON, M.; SILVA, D. C. 2014.
Diaspidídeos e parasitoides associados ao cultivo

da videira no Rio Grande do Sul, Brasil. Revista
Brasileira de Fruticultura 36:835-840.



NOTA CIENTÍFICA

PRIMEIRO REGISTRO DE *Epitrix* sp. (COLEOPTERA: CHRYSOMELIDAE) EM CULTIVO COMERCIAL DE TOMATEIRO GRAPE EM PARAÍSO DO TOCANTINS, TO

Cleidiane de Andrade Ferreira¹ e Rodrigo Souza Santos^{2}*

¹Agência de Defesa Agropecuária do estado do Tocantins (Adapec), Avenida Castelo Branco, 450, 77600-000, Paraíso do Tocantins, TO, Brasil. cleidiane.agro@gmail.com. ²Embrapa Acre, Rodovia BR 364, km 14, CP 321, 69900-970, Rio Branco, AC, Brasil. rodrigo.s.santos@embrapa.br

*Autor para correspondência: rodrigo.s.santos@embrapa.br

Besouros do gênero *Epitrix* foram observados atacando plantio de tomateiro grape, em um cultivo comercial, no município de Paraíso do Tocantins, estado do Tocantins, região norte do Brasil em março de 2022. Foram observados orifícios na superfície das folhas devido ao hábito alimentar herbívoro dos adultos. A presença do inseto foi observada em todas as plantas presentes na área, com índice de infestação de 100%. Este configura-se no primeiro registro de *Epitrix* sp. infestando cultivo comercial de tomateiro grape no estado do Tocantins.

Palavras-chave: Alticini, Galerucinae, Solanaceae, *Solanum lycopersicum*.

First record of *Epitrix* sp. (Coleoptera: Chrysomelidae) in commercial cultivation of grape tomato in Paraíso do Tocantins, Tocantins state, Brazil. Beetles of the genus *Epitrix* were observed infesting grape tomato crops, in a commercial crop, in the municipality of Paraíso do Tocantins, state of Tocantins, northern Brazil in March 2022. Holes were observed on the surface of the leaves due to the herbivorous feeding habit of the specie adults. The presence of the insect was observed in all plants present in the area, with an infestation rate of 100%. This is the first record of *Epitrix* sp. infesting commercial grape tomato crop in the state of Tocantins.

Key words: Alticini, Galerucinae, Solanaceae, *Solanum lycopersicum*.

A família Solanaceae é representada por cerca de 150 gêneros e mais de 3.000 espécies, sendo que sua origem, é provavelmente nas Américas, Central e do Sul, onde apresentam uma maior diversidade de espécies. No Brasil, a família das solanáceas é composta por 34 gêneros e 449 espécies (Brandão Filho et al., 2018).

Dentro dessa família, o tomateiro *Solanum lycopersicum* L., ganha destaque como uma hortaliça-fruto de importância econômica mundial e encontra-se cultivado em praticamente todas as regiões brasileiras, especialmente nos estados de Goiás, São Paulo e Minas Gerais, os quais são os maiores produtores (Saviè et al., 2008; Brandão Filho et al., 2018). Os mini-tomates (tomate cereja e tomate grape) ganharam destaque na mesa do consumidor devido ao seu acentuado sabor, intensidade da cor, alta firmeza, boa consistência, resistência a doenças e seu alto valor nutricional. Por

possuir alto valor agregado no mercado, desperta o interesse dos produtores pelo seu cultivo (Salomão et al., 2009; Junqueira, Peetz & Onoda, 2011).

O monocultivo na produção de hortaliças, além de práticas de manejo e adubações incorretas, principalmente em pequenas propriedades, tem contribuído para o aumento da intensidade de ocorrência de pragas às culturas (Ribeiro, Brune e Reifschneider, 1998; Pereira et al., 2012). O tomateiro é uma planta hospedeira de uma grande quantidade de insetos e ácaros fitófagos, sendo que todas as estruturas da planta servem como alimento, abrigo e/ou microhabitats para reprodução de grande parte dos insetos-praga associados ao cultivo (Haji, Alencar e Prezotti, 1998; Gallo et al., 2002). No Brasil, as principais pragas que ocasionam danos à cultura do tomateiro são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Espécies de insetos-praga associados ao cultivo do tomateiro no Brasil

Nome Científico	Nome vernacular	Ordem	Família
<i>Neoleucinodes elegantalis</i> (Guenée)	Broca-pequena	Lepidoptera	Pyrilidae
<i>Helicoverpa zea</i> (Boddie)	Broca-grande		Noctuidae
<i>Spodoptera eridania</i> (Cramer)	Lagarta-militar		
<i>Spodoptera frugiperda</i> (J.E. Smith)			
<i>Spodoptera cosmioides</i> (Walker)			
<i>Spodoptera littoralis</i> (Boisduval)			
<i>Rachiplusia nu</i> (Guenée)			
<i>Chrysodeixis includens</i> (Walker)	Largarta-rosca		
<i>Agrotis ipsilon</i> (Hüfnagel)			
<i>Tuta absoluta</i> (Meyrick)	Traça-do-tomateiro		
<i>Phthorimaea operculella</i> (Zeller)	Lagarta-das-solanáceas	Nymphalidae	
<i>Mechanitis lysimnia</i> (Fabricius)			
<i>Bemisia tabaci</i> (Gennadius)	Mosca-branca	Hemiptera	Aleyrodidae
<i>Myzus persicae</i> (Sulzer)	Pulgão		Aphididae
<i>Macrosiphum euphorbiae</i> (Thomas)			Cydnidae
<i>Scaptocoris carvalhoi</i> (Becker)	Percevejo-do-tomateiro		Coreidae
<i>Phthia picta</i> (Drury)	Percevejo-de-renda		Tingidae
<i>Corythaica cyathicollis</i> (Costa)			
<i>Liriomyza sativae</i> (Blanchard)	Mosca-minadora	Diptera	Agromyzidae
<i>Liriomyza trifolii</i> (Burguess)			
<i>Liriomyza huidobrensis</i> (Blanchard)			
<i>Frankliniella schultzei</i> Trybom	Tripes	Thysanoptera	Thripidae
<i>Thrips palmi</i> Karny			
<i>Diabrotica speciosa</i> (Germar)	Vaquinha	Coleoptera	Chrysomelidae
<i>Epitrix fasciata</i> Blatchley	Pulga-do-fumo		Meloidae
<i>Epicauta atomaria</i> (Germar)	Besouro-das-solanáceas		Curculionidae
<i>Phyrdenus divergens</i> (Germar)	Broca-do-tomateiro		
<i>Faustinus</i> sp.	Bicudo		
<i>Neocurtilla hexadactyla</i> (Perty)	Paquinha	Orthoptera	Gryllotalpidae
<i>Scapteriscus</i> sp.			
<i>Tetranychus urticae</i> (Koch)	Ácaro-rajado	Acari	Tetranychidae
<i>Aculops lycopersici</i> (Massee)	Ácaro-do-bronzeamento		Eriophyidae
<i>Polyphagotarsonemus latus</i> (Banks)	Ácaro-branco		Tarsonemidae

Referências: Haji et al. (1998); Gallo et al. (2002); Santos (2016); Moura et al. (2014); Salas e Töfoli (2016); Johan et al. (2019) e Sekerka et al. (2023).

Em março de 2022 foi realizada uma visita técnica a um plantio comercial de tomateiro grape (tomateiro-uva) localizado no município de Paraíso do Tocantins, TO (10°10'20" S; 48°52'52" O), o qual encontrava-se infestado por uma espécie de besouro herbívoro.

A área de cultivo corresponde a cerca de 300 m² e utiliza o sistema convencional de plantio para a cultura, com plantas distribuídas em fileiras simples, com espaçamento de 50 cm entre plantas e 80 cm entre fileiras e plantas com 60 dias de idade. O cultivo não recebeu qualquer aplicação de inseticidas até o momento da visita técnica.

Foi realizada uma inspeção a olho nu em todas as plantas do plantio, sendo observado o ataque do inseto majoritariamente na superfície adaxial das folhas (Figura 1A), onde as injúrias eram mais severas. Os danos observados foram raspagem e rendilhamento da superfície foliar, com folhas apresentando perfurações, as quais diminuem a área fotossintética das plantas (Figuras 1B). O ataque foi observado em todas as plantas de tomateiro grape da área, com uma infestação de 100% e número médio de quatro insetos por planta.

Os insetos foram coletados manualmente com auxílio de pincel fino, preservados em álcool etílico a 70% e encaminhados ao taxonomista Dr. Luciano de Azevedo Moura (Museu de Ciências Naturais, Rio Grande do Sul, RS) para identificação taxonômica.

Com auxílio da chave dicotômica de Doguet (1994) e sob microscópio estereoscópio, os insetos (13♂ e 22♀) foram identificados como pertencentes ao gênero

Epitrix (Coleoptera: Chrysomelidae: Alticinae), sendo espécimes *voucher* depositados na Coleção Entomológica do Museu de Ciências Naturais - SEMA, Porto Alegre, RS.

O gênero *Epitrix* carece de estudos que visem sua revisão taxonômica, visto que, somente para o Brasil são registradas 37 espécies (Sekerka et al., 2023), todas com características morfológicas muito semelhantes. Ademais, esse gênero abriga espécies consideradas pragas de solanáceas, especialmente na cultura da batata inglesa (Doguet, 1994; Boavida, 2009; Boavida & Germain, 2009) e, em levantamento bibliográfico, foi observado que a maior parte da literatura publicada sobre espécies desse gênero no Brasil está desatualizada.

Espécies de *Epitrix* caracterizam-se por apresentarem pernas posteriores saltatórias, antenas de onze artículos, tarsos inseridos na parte superior da tíbia, zona superior e média da tíbia sem dentes ou sulcos na aresta externa, esporão da tíbia superior simples, élitros com pontuações pronunciadas e em número variável com 10 estrias regulares e com cerdas alinhadas ao longo dos élitros (Doguet, 1994). Os insetos adultos alimentam-se das folhas, ocasionando perfurações ao longo da superfície, delimitadas pelas nervuras (Pernal, Senanayake & Holliday, 1996).

Além dos danos físicos ocasionados nas plantas hospedeiras, algumas espécies de *Epitrix* estão associadas à transmissão de patógenos ou viroses, podendo impactar de forma negativa a cultura atacada

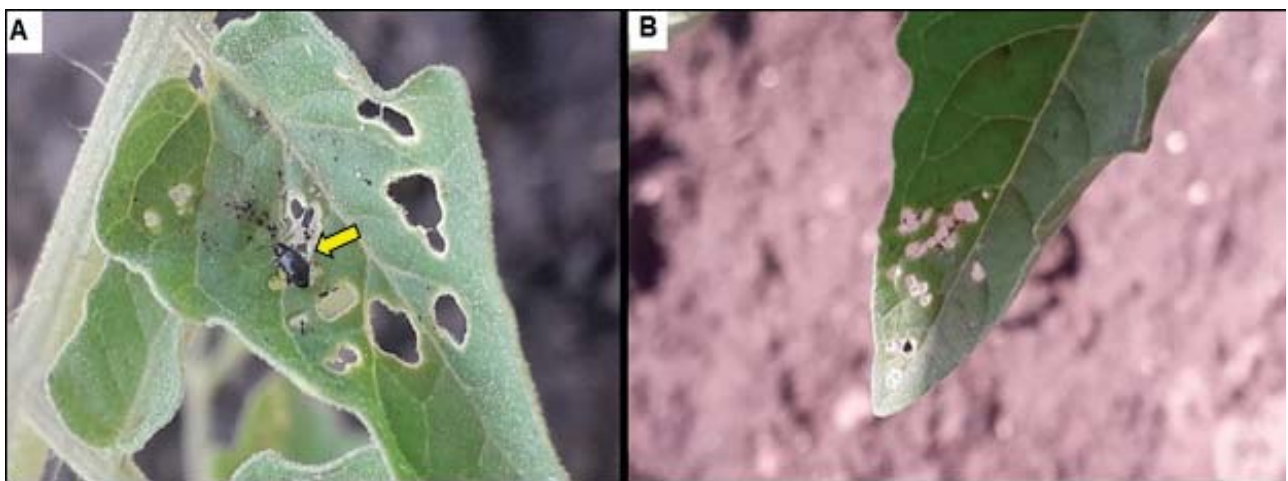


Figura 1. Adulto de *Epitrix* sp. (Coleoptera: Chrysomelidae) em folha de tomateiro grape (A). Orifícios em folhas de tomateiro grape pela alimentação de *Epitrix* sp. (B). Fotos: Cleidiane de Andrade Ferreira.

(Stewart, Feldman & LeBlanc, 1999; Johan et al., 2019), embora ainda não haja esta confirmação em tomateiro.

De acordo com Boavida & Germain (2009) algumas solanáceas de ocorrência espontânea como *Solanum nigrum* L., *Solanum trifolium* Dunal e *Datura stramonium* L., mantêm populações de *Epitrix* em gerações hibernantes. Dessa forma, é recomendado que estes hospedeiros alternativos sejam removidos, visto que são plantas que ocorrem frequentemente nas adjacências de monocultivos.

No Brasil, espécies de *Epitrix* são consideradas pragas de importância econômica nas culturas da batata inglesa e fumo (*Nicotiana tabacum* L.), sendo, nessa última, conhecida como "pulga-do-fumo" devido à sua alta capacidade saltatória. Na cultura da batata, são registradas cinco espécies de *Epitrix* que causam danos às folhagens e também galerias nas partes subterrâneas das plantas (raízes e tubérculos), variando de acordo com a intensidade do ataque e com a espécie associada (Boavida & Germain, 2009; Johan et al., 2019). Também há relatos na literatura de insetos desse gênero em tomateiro e em outras solanáceas (Tabela 2).

Em relação às técnicas aplicadas para redução dos danos na cultura da batata, experimentalmente a aplicação múltipla de inseticidas apresentou boa eficiência no controle dessa praga. No entanto, ressalta-se que não há inseticidas registrados junto ao Ministério da Agricultura e Pecuária (Mapa), para o controle de *Epitrix* na cultura do tomateiro. Há

apenas produtos registrados para a cultura do fumo e para uma espécie específica, *Epitrix fasciata* Blatchley (Coleoptera: Chrysomelidae) (Agrofit, 2023).

Esta publicação configura o primeiro registro de *Epitrix* sp. na cultura do tomateiro grape no estado do Tocantins. Baseado no alto nível de infestação verificado e pelos danos ocasionados às plantas de tomateiro, são recomendadas novas pesquisas que elucidem sobre sua distribuição geográfica, bem como métodos de controle para essa espécie de coleóptero na cultura do tomateiro no estado do Tocantins.

Literatura Citada

- AGROFIT - SISTEMA DE AGROTÓXICOS FITOSSANITÁRIOS. 2023. Disponível em: <https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons> Acesso em: 03 abr. 2023.
- BOAVIDA, C. 2009. Presence in Portugal of *Epitrix similaris* Gentner (Coleoptera: Chrysomelidae: Alticinae), an exotic pest of potato tubers. Boletín de Sanidad Vegetal (Plagas) 35(1):73-74.
- BOAVIDA, C.; GERMAIN, J. F. 2009. Identification and pest status of two exotic flea beetle species newly introduced in Portugal: *Epitrix similaris* Gentner and *Epitrix cucumeris* (Harris). EPPO Bulletin 39(3):501-508.
- BRANDÃO FILHO, J. U. T. et al. (Orgs.). 2018. Hortaliças-fruto. Maringá, Eduem. 535p.

Tabela 2. Localidades de ocorrência e plantas hospedeiras de *Epitrix* (Coleoptera: Chrysomelidae) no Brasil

Estado	Município/Localidade	Cultura	Referência
Rio Grande do Sul	Santa Cruz do Sul	Fumo	Oliveira et al. (2017)
	Vera Cruz		Tarragó e Chaves (1989)
	Santa Maria	Batata	Grützmacher & Link (2000)
	Pelotas, Capão do Leão e Vacaria	Fisális	Silva et al. (2009)
Paraná	Bandeirantes	Batata	Rando et al. (2012)
	Realeza e Planalto	Maracujá, fumo-bravo e trapoeraba	Frarão e Linzmeier (2019)
Distrito Federal	Brasília	Batata-doce	França e Ritschel (2002)
Minas Gerais	Guidoval e Viçosa	Jiló, quiabo, pimenta-doce, tomate, abóbora, berinjela e feijão	Leite et al. (2011)
-----	-----	Figo	Caetano et al. (2012)

- CAETANO, L. C. S. et al. 2012. Recomendações técnicas para a cultura da figueira. Vitória, ES, Incaper. (Documentos, 203). 32p.
- DOGUET, S. 1994. Coléoptères Chrysomelidae. Vol. 2, Alticinae. Paris, Fédération Française des Sociétés de Sciences Naturelles. 694p.
- FRARÃO, L.; LINZMEIER, A. M. 2019. Reconhecimento das plantas hospedeiras de espécies de Chrysomelidae (Coleoptera) registradas em fragmento florestal no sudoeste do Paraná, com ênfase em Alticini. In: Jornada de Iniciação Científica e Tecnológica, 9. Anais... Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo, RS. 4p.
- FRANÇA, F. H.; RITSCHER, P. S. 2002. Avaliação de acessos de batata-doce para resistência à broca-da-raiz, crisomelídeos e elaterídeos. Horticultura Brasileira 20:79-85.
- GALLO, D. et al. 2002. Entomologia Agrícola. Piracicaba, Fealq. 920p.
- GRÜTZMACHER, A. D.; LINK, D. 2000. Levantamento da entomofauna associada a cultivares de batata em duas épocas de cultivo. Pesquisa Agropecuária Brasileira 35(3):653-659.
- HAJI, F. N. P.; ALENCAR, J. A.; PREZOTTI, L. 1998. Principais pragas do tomateiro e alternativas de controle. Embrapa Semi-Árido, Petrolina, PE. (Cartilha). 50p.
- JOHAN, V. K. M. et al. 2019. Pest risk assessment of selected *Epitrix* species. Oslo, OPPE VKM (Report, 17). 107p.
- JUNQUEIRA, A. H.; PEETZ, M. S.; ONODA, S. M. 2011. Sweet grape: um modelo de inovação na gestão da cadeia de produção e distribuição de hortaliças. São Paulo, SP, ESPM. 19p.
- LEITE, G. L. et al. 2011. Hosting capacity of horticultural plants for insect pests in Brazil. Chilean Journal of Agricultural Research 71(3):383-389.
- MOURA, A. P. et al. 2014. Manejo integrado de pragas do tomateiro para processamento industrial. Embrapa Hortaliças, Brasília, DF. (Circular técnica, 129) 24p.
- OLIVEIRA, D.; ZILCH, K. C. F.; HINTZ, F. C.; KÖHLER, A. 2017. Populational fluctuation and distribution of *Epitrix* spp. Foudras (Coleoptera: Chrysomelidae) in the organic tobacco management in Santa Cruz do Sul, RS, Brazil. American Journal of Plant Science 8:3285-3294.
- PEREIRA, R. B. et al. 2012. Doenças e pragas do jiloeiro. Embrapa Hortaliças, Brasília, DF. (Circular técnica, 106). 13p.
- PERNAL, S. F.; SENANAYAKE, D. G.; HOLLIDAY, N. J. 1996. Patterns of feeding injury to potato by the potato flea beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) in manitoba. The Canadian Entomologist 128(5):791-804.
- RANDO, J. S. S. et al. 2012. Desfolha por *Epitrix* spp. (Coleoptera: Chrysomelidae) em cultivares de batata tratados com neen e tiametoxan. Horticultura Brasileira 30(2):1325-1330.
- RIBEIRO, C. D. C.; BRUNE, S.; REIFSCHNEIDER, F. J. B. 1998. Cultivo da berinjela (*Solanum melongena* L.). Brasília, DF, Embrapa Hortaliças. (Instruções técnicas, 15). 23p.
- SALAS, F. J. S.; TÖFOLI, J. G. (Eds.) 2017. Cultura da batata: pragas e doenças. Instituto Biológico, São Paulo, SP. 241p.
- SALOMÃO, L. C. et al. 2009. Manejo da irrigação: um guia prático para o uso racional da água. Botucatu, SP, Fepaf. 136p.
- SANTOS, J. P. 2016. Principais pragas e seu controle. In: Becler, W. F. et al. (Eds.). Sistema de produção integrada para o tomate tutorado em Santa Catarina. Epagri, Florianópolis, SC. pp.105-124.
- SAVIÊ, S. et al. 2008. Comparative effects of regulated deficit irrigation (RDI) and partial root-zone drying (PRD) on growth and cell wall peroxidase activity in tomato fruits. Scientia Horticulturae 117(1):15-20.
- SEKERKA, L. et al. 2023. Chrysomelidae. In: Catálogo taxonômico da fauna do Brasil PNUD. 2023. Disponível em: <<http://fauna.jbrj.gov.br/fauna/faunadobrasil/143317>>. Acesso em: 03 abr. 2023.

- SILVA, L. F. da et al. 2009. Principais pragas que afetam a cultura da *Physalis* em Pelotas, Capão do Leão e Vacaria. In: Congresso de Iniciação Científica, 18 e Encontro de Pós-Graduação, 11, 2009. Anais... UFPel, Pelotas, RS. 4p.
- STEWART, J. G.; FELDMAN, J.; Le BLANC, D. A. 1999. Resistance of transgenic potatoes to attack by *Epitrix cucumeris* (Coleoptera: Chrysomelidae). The Canadian Entomologist 131(4):423-431.
- TARRAGÓ, M. F. S.; CHAVES, I. P. V. 1989. Controle químico da pulga do fumo *Epitrix* spp. (Coleoptera, Chrysomelidae) em fumo, utilizando aparelhos convencionais e electrodyn. Revista do Centro de Ciências Rurais (Brasil) 19(4):299-304. ●

NOTA CIENTÍFICA

OCORRÊNCIA DA COCHONILHA-VERDE (HEMIPTERA: COCCIDAE) EM CAFEZAIS (VAR. CONILON) NO ESTADO DO ACRE

*Rodrigo Souza Santos¹, Valéria Lopes da Costa², Vanessa Vitória Leão da Silva³,
Gabriela do Nascimento Souza²*

¹Embrapa Acre, Rodovia BR 364, km 14, CP 321, 69900-970, Rio Branco, AC, Brasil. rodrigo.s.santos@embrapa.br.

²Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Universidade Federal do Acre (UFAC), Rodovia BR 364, Km 04, Distrito Industrial, 69920-900, Rio Branco, AC, Brasil. valerialopes1313@hotmail.com; gns.gabi21@gmail.com.

³Bolsista PIBIC CNPq/Embrapa, Instituto Federal do Acre (IFAC), Avenida Brasil, 920, Xavier Maia, 69903-068, Rio Branco, AC, Brasil. victorilion28@gmail.com.

A cafeicultura é uma importante atividade econômica para a Amazônia, sendo o cafeeiro canéfora (*Coffea canephora* Pierre ex Froehner) amplamente cultivado na região. O presente trabalho teve por objetivo registrar a ocorrência de uma espécie de cochonilha infestando cafeeiro canéfora no estado do Acre. Em fevereiro e março de 2023 foram realizadas visitas em cafezais localizados no município de Acrelândia, AC. Foram coletados ramos de *C. canephora* infestados pelo inseto, os quais foram acondicionados em sacos herméticos e levados ao Laboratório de Entomologia da Embrapa Acre, para identificação. A partir da morfologia externa, a cochonilha foi confirmada como *Coccus viridis* (Green, 1889), espécie que ainda não havia sido registrada em cafeeiro no estado do Acre. Pela expressão socioeconômica que o café canéfora representa para a região amazônica e pelo potencial danoso do ataque de *C. viridis* a esta cultura, esforços de pesquisa devem ser envidados a fim de mapear a distribuição do inseto nas regiões produtoras, estabelecer os níveis de dano e de ação, além de prospectar inimigos naturais associados, visando mitigar prejuízos econômicos advindos do ataque desses insetos em plantios comerciais no estado do Acre.

Palavras-chave: Amazônia Ocidental, Coccoomorpha, Rubiaceae.

Occurrence of scale insect (Hemiptera: Coccidae) in coffee plantations (var. Conilon) in the state of Acre, Brazil. Coffee growing is an important economic activity for the Amazon, and canephora coffee (*Coffea canephora* Pierre ex Froehner) is widely cultivated in the region. This study aimed to record the occurrence of a species of scale insect infesting canephora coffee in the state of Acre. In February and March 2023, visits were made to coffee plantations located in the municipality of Acrelândia, Acre state, Brazil. Branches of *C. canephora* infested by the insect were collected, placed in hermetic bags and taken to the Laboratory of Entomology at Embrapa Acre, for identification. From the external morphology, the scale insect was confirmed as *Coccus viridis* (Green, 1889), a species that had not yet been registered in coffee plantations in the state of Acre. Due to the socioeconomic expression that canephora coffee represents for the Amazon region and due to the harmful potential of *C. viridis* attack on this crop, research efforts must be made in order to map the distribution of the insect in the producing regions, establish the levels of damage and of action, in addition to prospecting associated natural enemies, aiming to mitigate economic losses arising from the attack of these insects in commercial plantations in the state of Acre.

Key words: Western Amazon, Coccoomorpha, Rubiaceae.

A cafeicultura brasileira se destaca como uma atividade econômica geradora de divisas, sendo o quinto item mais exportado pelo agronegócio. Na região Norte, Rondônia é o maior produtor, com 170.594 toneladas, seguido pelo Acre, com uma produção de 2.490 toneladas (IBGE, 2021). No estado do Acre, a cafeicultura tem grande relevância socioeconômica, além da expressiva capacidade de geração de emprego no campo (Sá et al., 2018).

O Acre apresenta a maior produtividade de café canéfora (*Coffea canephora* Pierre ex Froehner, Rubiaceae) da região Norte, conhecido popularmente por “Conilon” ou “Robusta”. Os principais municípios produtores de café canéfora no estado do Acre são Acrelândia (1.400 toneladas), Brasiléia (345), Manoel Urbano (170) e Mâncio Lima (120) (IBGE, 2021). A preferência pelo cultivo do café canéfora no Acre se dá principalmente pelas características climáticas do Estado serem favoráveis ao seu desenvolvimento, além do fato de a colheita iniciar mais tardiamente (a partir de maio), coincidindo com o período de estiagem e favorecendo a secagem dos grãos em terreiros (Sá et al., 2018).

A lavoura cafeeira está sujeita ao ataque de insetos em todas as suas fases de desenvolvimento, tanto os edáficos, bem como os que atacam a parte aérea da planta. Com o aumento da área plantada, especialmente em regime de monocultivo, há favorecimento na ocorrência e reprodução de insetos-praga, os quais podem acarretar prejuízos econômicos de acordo com seus níveis populacionais e injúrias causadas (Gallo et al., 2002; Altieri, Silva e Nicholls, 2003; Ribeiro e Pedrosa, 2022).

Dentre o complexo de insetos fitófagos associados ao cultivo do cafeeiro no Brasil, encontram-se várias espécies de cochonilhas (Hemiptera: Coccoomorpha), as quais se alimentam nas raízes, caule, rosetas, folhas, flores e frutos (Fornazier et al., 2017). Esses insetos podem causar dano direto, por meio da contínua sucção de seiva pelas ninfas e adultos, e indiretos, pela inoculação de substâncias tóxicas, transmissão de doenças, e propiciar o desenvolvimento da fumagina, reduzindo a respiração e a taxa fotossintética das plantas (Grazia et al., 2012).

Em visitas técnicas, a quatro propriedades rurais produtoras de café canéfora (áreas de plantio entre 1 a 2 ha), localizadas no município de Acrelândia, AC

(10°00'26,9"S e 66°56'4,2"O; 10°00'38,5"S e 66°56'17,7"O; 10°00'42,9" e 66°57'54,5"O; 10°01'41,3"S e 66°57'54,5"O), em março e abril de 2023, foi verificada a presença de cochonilhas de coloração verde em plantas clonais de *C. canephora* (entre 1 a 2 anos de idade). Ramos contendo cochonilhas foram retirados, acondicionados em sacos herméticos e levados ao Laboratório de Entomologia da Embrapa Acre, onde os insetos foram observados sob microscópio estereoscópico. Como os produtores haviam realizado o controle químico nos cafezais no intervalo entre a primeira e segunda visitas, o nível de infestação não foi calculado.

De acordo com suas características morfológicas e com auxílio do trabalho de Granara de Willink, Pirovani e Ferreira (2010), os insetos foram determinados como *Coccus viridis* (Green, 1889) (Hemiptera: Coccidae) (Figura 1), espécie conhecida popularmente por “cochonilha-verde”, comumente encontrada associada ao cafeeiro no Brasil. Esse inseto possui coloração verde-clara, corpo elíptico, achatado e mole (desprovido de proteção) e mede de 2 a 3 mm de comprimento. Outra característica morfológica típica são pontuações pretas no dorso em formato de “U” ou “V” (Figura 1). Geralmente a cochonilha-verde é encontrada em ramos e folhas novas do cafeeiro, ao longo da nervura principal (Costa et al., 2016). Atualmente há 14 espécies de cochonilhas pertencentes ao gênero *Coccus* associadas ao cafeeiro ao redor do mundo (García Morales et al., 2023).



Figura 1. Colônia da cochonilha-verde *Coccus viridis* (Hemiptera: Coccidae), com detalhe das pontuações pretas no dorso do inseto. (Crédito da Foto: James Bailey).

Coccus viridis é uma espécie polífaga, estando associada a 66 famílias e 166 gêneros botânicos (García Morales et al., 2023). Possui alta capacidade de colonização e adaptação a novas áreas e plantas hospedeiras (Malumphy & Treseder, 2012). São insetos ovovivíparos, com reprodução predominantemente por partenogênese telítica, com ciclo de vida variando entre 50 a 70 dias (Costa et al., 2016). Esta espécie é considerada uma praga importante em *Coffea arabica* L., sendo constatado que o terceiro instar da cochonilha-verde é a fase que causa o maior dano a *C. arabica* (Fernandes et al., 2009). Durante a alimentação, a cochonilha-verde injeta toxinas no sistema vascular da planta hospedeira causando hipertrofia das células cambiais com colapso das células do floema. Isso promove o definhamento, queda de folhas, redução da produtividade e, em casos extremos, a morte da planta (Waller, Bigger & Hillocks, 2007). Em Acrelândia, foi observado atraso no desenvolvimento das plantas infestadas, em comparação às não atacadas nas quatro propriedades visitadas.

Na Amazônia Legal brasileira, há registros de *C. viridis* em cafeeiros nos estados de Rondônia (Costa et al., 2009) e Pará (Lemos et al., 2008). Em citros, nos estados do Acre (Thomazini et al., 2005) e Amazonas (Oliveira, 2015) e, em camucamuzeiro, no estado do Pará (Santos et al., 2019). Faz-se, portanto, o primeiro registro de associação dessa espécie de cochonilha em *C. canephora* no estado do Acre.

No que tange ao controle biológico, larvas e adultos da joaninha *Azya luteipes* Mulsant, 1850 (Coleoptera: Coccinellidae) são predadores vorazes da cochonilha-verde, atacando-a em todos os estádios de desenvolvimento (Costa et al., 2019). Os parasitoides *Cheiloneurus javensis* Girault, 1917, *Aenasius* sp., *Coccidoxenoides* sp., *Metaphycus* sp. (Hymenoptera: Encyrtidae), *Coccophagus* sp. (Hymenoptera: Aphelinidae), *Aprostocetus* sp. (Hymenoptera: Eulophidae) e *Signiphora* sp. (Hymenoptera: Signiphoridae) já foram observados parasitando *C. viridis* em condições de laboratório ou campo (Oliveira, 2015; Cruz et al., 2017; Santos et al., 2019). Alguns fungos também já foram relatados infectando *C. viridis*, tais como: *Acrostalagmus luteoalbus* (Link) Zare, W. Gams & Schoroers (Hypocreaceae), *Myriangium duriae* Montagne &

Berkeley (Myriangiaceae) (Camargo e Telles Júnior, 1953), *Aschersonia cubensis* Berk. & M.A. Curt. (Clavicipitaceae), *Nectria diploa* Berk. & M.A. Curt. (Nectriaceae) (Frederick, 1943) e *Lecanicillium lecanii* (Zimm.) R. Zare & W. Gams, (Cordycipitaceae) (Reimer & Beardsley, 1992).

Frequentemente formigas são encontradas associadas à colônias da cochonilha-verde, se alimentando do *honeydew* excretado por elas. O controle de populações de formigas ajuda a reduzir os níveis populacionais dessa praga, visto que as formigas protegem as cochonilhas de seus inimigos naturais e auxiliam na sua dispersão (Mau & Kessing, 2007).

Com relação ao controle químico, há quatro produtos (à base de hidrocarbonetos alifáticos) registrados junto ao Ministério da Agricultura e Pecuária para o controle de *C. viridis* em cafeeiro (Agrofit, 2023).

Devido à expressão socioeconômica que o café canéfora representa para a região amazônica e ao potencial danoso do ataque da cochonilha-verde a esta cultura, esforços de pesquisa devem ser envidados a fim de mapear a distribuição do inseto nas regiões produtoras, estabelecer os níveis de dano e de ação, além de prospectar inimigos naturais associados, visando mitigar prejuízos econômicos advindos do ataque desses insetos em plantios comerciais no estado do Acre.

Literatura Citada

- AGROFIT – SISTEMA DE AGROTÓXICOS FITOSSANITÁRIOS. 2023. Disponível em: <https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons> Acesso em: 02 jun. 2023.
- ALTIERI, M. A.; SILVA, E. N.; NICHOLLS, C. I. 2003. O papel da biodiversidade no manejo de pragas. Holos Editora, Ribeirão Preto, SP. 226p.
- CAMARGO, R. de; TELLES JÚNIOR, A. de Q. 1953. O café no Brasil: sua aclimação e industrialização. Serviço de Informação Agrícola, Rio de Janeiro, RJ. 720p.
- COSTA, J. N. M. et al. 2009. Cochonilhas ocorrentes em cafezais em Rondônia. Circular técnica, 110. Embrapa Rondônia, Porto Velho, RO. 6p.
- COSTA, J. N. M.; TEIXEIRA, C. A. D.; TREVISAN, O. 2016. Café. In: SILVA, N. M. da; ADAIME, R.;

- ZUCCHI, R. A. (Eds.). Pragas agrícolas e florestais na Amazônia. Embrapa, Brasília, DF. pp.292-321.
- CRUZ, M. A. et al. 2017. Parasitoides associados a *Coccus viridis* (Green, 1889) em diferentes plantas hospedeiras no estado de São Paulo. In: Congresso Brasileiro de Fitossanidade, 4. Uberaba, MG. Anais... FCAV/UNESP/IFTM, Uberaba, MG.
- FERNANDES, F. L. et al. 2009. Perdas causadas por *Coccus viridis* (Green) (Hemiptera: Coccidae) em mudas de *Coffea arabica* L. EntomoBrasilis (Brasil) 2(2):49-53.
- FORNAZIER, M. J. et al. 2017. Scale insects (Hemiptera: Coccoidea) associated with arabica coffee and geographical distribution in the neotropical region. Anais da Academia Brasileira de Ciências (Brasil) 89(4):3083-3092.
- GALLO, D. et al. 2002. Entomologia agrícola. FEALQ, Piracicaba, SP. 920p.
- GARCÍA MORALES, M. et al. 2023. ScaleNet: a literature-based model of scale insect biology and systematics. Disponível em: <<http://scalenet.info>> Acesso em: 02 jun. 2023.
- GRANARA de WILLINK, M. C.; PIROVANI, V. D.; FERREIRA, P. S. 2010. Las especies de *Coccus* que afectan *Coffea arabica* en Brasil (Coccoidea: Coccidae) y redescription de los especies. Neotropical Entomology (Brasil) 39(3):391-399.
- GRAZIA, J. et al. 2012. Hemiptera. In: RARAFEL, J. A. et al. (Eds.). Insetos do Brasil: diversidade e taxonomia. Ribeirão Preto, SP, Holos Editora. pp.347-405.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. 2021. Produção Agrícola Municipal 2021. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457#resultado>> Acesso em: 02 jun. 2023.
- LEMO, W. de P.; RIBEIRO, R. C.; AZEVEDO, R. de. 2008. Principais insetos-praga em cafeeiros no Estado do Pará. In: VELOSO, C. A. C. et al. (Eds.). A cultura do cafeeiro no Pará. Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA. pp.149-173.
- MALUMPHY, C.; TRESEDER, K. 2012. Green coffee scale *Coccus viridis* (Hemiptera: Coccidae), new to Britain. British Journal of Entomology and Natural History 25:217-225.
- MAU, R. F.; KESSING, J. L. 2007. *Coccus viridis* (Green). Disponível em: <http://www.extento.hawaii.edu/kbase/crop/Type/c_viridi.htm> Acesso em: 02 jun. 2023.
- OLIVEIRA, B. G. de. 2015. Distribuição de parasitoides (Hymenoptera) com ênfase em parasitoides de cochonilhas em dois pomares de citros na Amazônia central. Dissertação Mestrado. INPA, Manaus, AM. 63p.
- REIMER, N. J.; BEARDSLEY, J. W. 1992. Epizootic of white halo fungus, *Verticillium lecanii* (Zimmerman), and effectiveness of insecticides on *Coccus viridis* (Green) (Homoptera: Coccidae) on coffee at Kona, Hawaii. Proceedings of the Hawaiian Entomological Society, Honolulu 31:73-82.
- RIBEIRO, M. de F.; PEDROSA, A. W. 2022. Manejo das principais pragas. In: FERREIRA, W. P. M. (Ed.). Boas práticas agrícolas aplicadas à lavoura cafeeira para o estado de Minas Gerais. Sistema de Produção, 1. Embrapa Café, Brasília, DF.
- SÁ, C. P. de et al. 2018. Características gerais da cafeeicultura no estado do Acre. In: BERGO, C. L.; BARDALES, N. (Eds.). Zoneamento edafoclimático para o cultivo do café canéfora (*Coffea canephora*) no Acre. Embrapa, Brasília, DF. pp.15-22.
- SANTOS, R. H. S. dos et al. 2019. Parasitismo de cochonilhas em camucamuzeiro no estado do Pará. In: Seminário de Iniciação Científica da Embrapa Amazônia Oriental, 23. Belém, PA. Anais... Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA. pp.81-86.
- THOMAZINI, M. J. et al. 2005. Identificação de pragas e doenças e avaliação de variedades copa/porta-enxerto de citros no estado do Acre. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 43. Embrapa Acre, Rio Branco, AC. 43p.
- WALLER, J. M.; BIGGER, M.; HILLOCKS, R. J. 2007. Coffee pests, diseases and their management. Wallingford, CAB International. 400p.

Tributo ao Colega Ronaldo Costa Argôlo



Somos o que somos, o que pensamos, o que fazemos, em todos os lugares, em qualquer ambiente e circunstância da nossa convivência.

Para Ronaldo Argolo, esse nobre colega, amigo, irmão, a nossa gratidão, por tudo e por tanto que ele fez, enquanto profissional da nossa querida “casa” CEPLAC!

A biografia de Ronaldo Argolo retrata a trajetória do filho de um vaqueiro, que vivia indignado com a dura realidade de seus pais e a falta de perspectiva para seus irmãos. Para amenizar este sofrimento, ele partiu em busca do seu desenvolvimento pessoal, o que, anos mais tarde, permitiu que contribuísse para o progresso de todos. Esta história era contada por Ronaldo, como forma de estimular as pessoas a lutarem pelos seus ideais.

Ronaldo estudou na Escola Média de Agricultura da Região Cacaueira (EMARC), em Uruçuca, Bahia, onde se formou em Técnico Agrícola, em 1974. No ano seguinte, ele ingressou na CEPLAC, indo trabalhar na extensão rural no município de Mucuri. Em 1977, passou a instrutor de Mecanização Agrícola no Núcleo

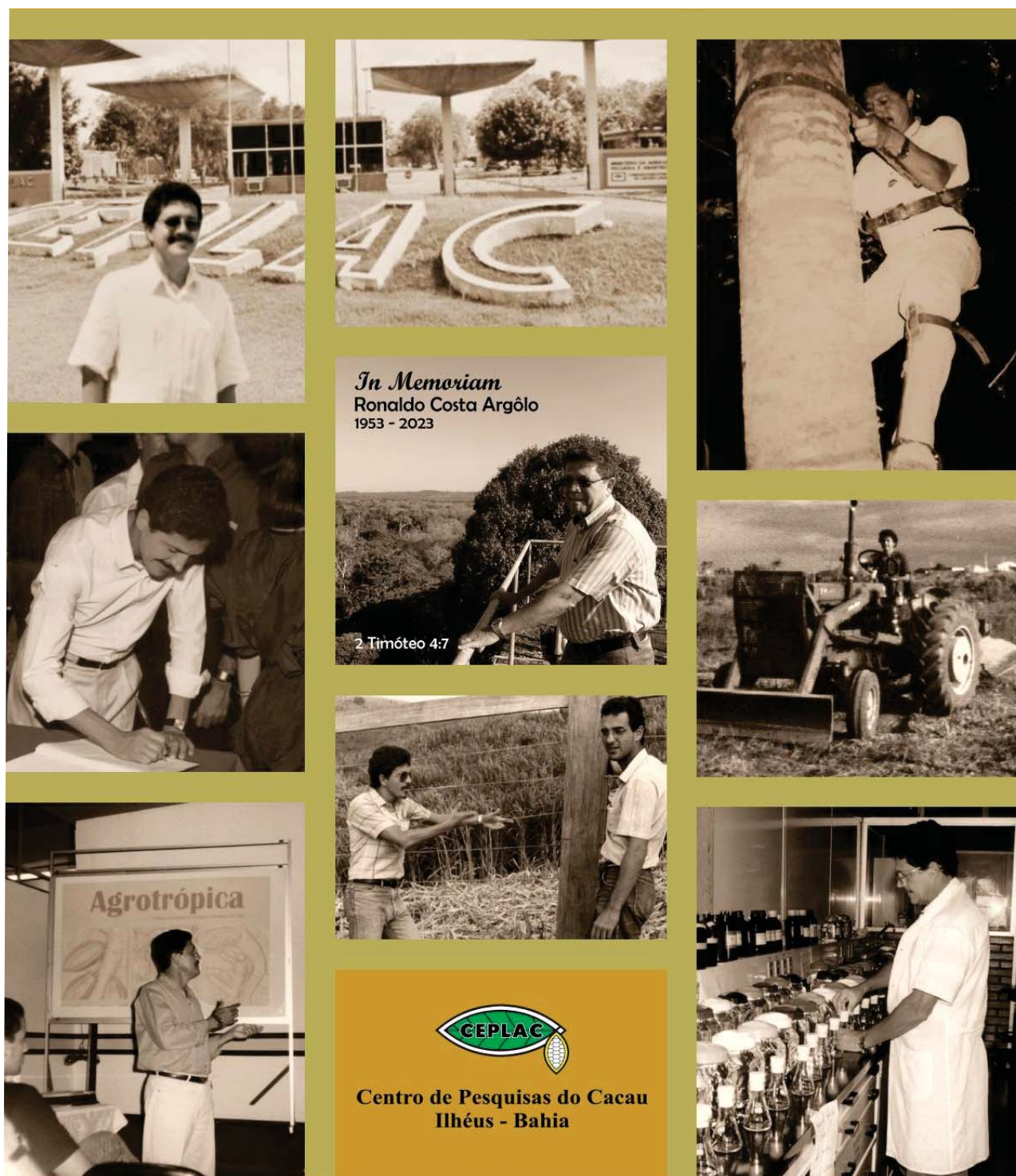
de Treinamento de Mão de Obra da CEPLAC, em Teixeira de Freitas, onde se notabilizou pela facilidade de comunicação e habilidade didática.

Após a criação da EMARC de Itapetinga, passou a ensinar as disciplinas de Mecanização Agrícola, Equideocultura e Suinocultura, quando implantou um vigoroso programa de produção de matrizes e reprodutores, o qual contribuiu para o desenvolvimento da suinocultura em toda a região. Em 1987, ele graduou-se em Zootecnia pela Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), e em seguida, assumiu a Direção da EMARC, em Itapetinga, onde fez uma gestão destacada, sendo então convidado para o cargo de Assessor do Departamento de Educação da CEPLAC. Nesse período, Ronaldo fez Mestrado no Programa de Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente, na UESC.

Em 2012, assumiu, a área de editoração da CEPLAC, de importância fundamental para a divulgação dos trabalhos técnico-científicos. Como bom autodidata, especializou-se nessa atividade, montou uma rede de revisores e, com o apoio da Coordenação Técnico-Científica da CEPLAC, levou a editoração a acessar os serviços gráficos contratados pelo Ministério da Agricultura.

Ronaldo fez da editoração do CEPEC, um (em verdade, mais um) desafio da sua vida. Ele tinha ciência, de que “o que é bom para si”, reverbera no todo ao redor. Seus trabalhos contribuíram para a edição de livros, atualização dos boletins e revistas, e elevação do Qualis da Revista Agrotrópica, divulgando as publicações dos profissionais da CEPLAC, além de professores e pesquisadores das universidades e outras instituições de pesquisa. Em paralelo, transferiu o acervo técnico-científico para o meio virtual, possibilitando o acesso fácil pela internet em todo o mundo. Essa iniciativa fortaleceu a notoriedade internacional da CEPLAC e das entidades parceiras, sendo uma contribuição de valor inestimável.

O desempenho da função de Editor da Revista Agrotrópica, foi uma nova demonstração, pelo colega Ronaldo, do ser humano que ele era, estilo tranquilo, verdadeiro, simples, humilde, ético, acessível, gentil, bem humorado, responsável e comprometido com o trabalho.



**Homenagem da família de Ronaldo Costa Argolo
(Fotos do acervo pessoal de Ronaldo Costa Argôlo Filho).**

A cordialidade, a leveza, o tom conciliador e espírito de servir eram qualidades que ajudavam a alcançar objetivos. Sempre atuou como um trabalhador consciente do seu papel, diante da sociedade, diante da vida, diante de si, como parte integrante da humanidade. Ronaldo não era apenas um servidor público na essência da sua missão; ele representa um **servidor de causas nobres**. Este foi o segredo do seu sucesso na vida pessoal e profissional.

Olhando Ronaldo colega, não podia deixar de sentir Ronaldo irmão, pois assim ele se fazia, ao falar de Deus, da sua crença e da sua fé, trazendo passagens bíblicas ao seu cotidiano, utilizando-as para compreender as falhas alheias, sem julgar, para perdoar algumas incompreensões, para respeitar as idiossincrasias de cada um de nós, sempre com benevolência e amorosidade, colocando em prática o seu aprendizado.

Ronaldo era uma referência para seus pais, irmãos, esposa, filhos, netos, colegas e amigos. A convicção da sua missão de vida, o levou a se aprofundar no plano espiritual com a certeza de que a fé lhe dava forças para vencer. Com a maturidade, fortaleceu suas crenças e ampliou o compromisso com os movimentos de apoio às comunidades onde vivia.

A sua despedida foi celebrada por calorosas mensagens de amor e orgulho. A tristeza foi ofuscada pelo reconhecimento. A manifestação da família, colegas e amigos, nos leva a refletir sobre a história de vida de Ronaldo Argolo. Mas, afinal de contas, o que ele nos deixou? Ele nos deixou tudo! A ele, nossa gratidão.

As qualidades da sua postura profissional e cidadã ficam gravadas, para sempre, por meio de todos aqueles (familiares, amigos, agricultores, estudantes, trabalhadores) com os quais conviveu e compartilhou humanidade, ciência e vida. A nossa GRATIDÃO também, ao ser humano que ele foi, pela convivência fraternal, respeitosa, e amável, que ele manteve com todos nós, ao longo dos anos que fomos agraciados com a sua presença física, cuja lembrança estará presente na nossa memória e no nosso coração.

Mensagem ao Colega Ronaldo Costa Argôlo, escrita por Maria das Graças Conceição Parada Costa Silva, Adonias de Castro Virgens Filho e Equipe da Agrotrópica, em nome de todos os colegas que conviveram com ele.

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

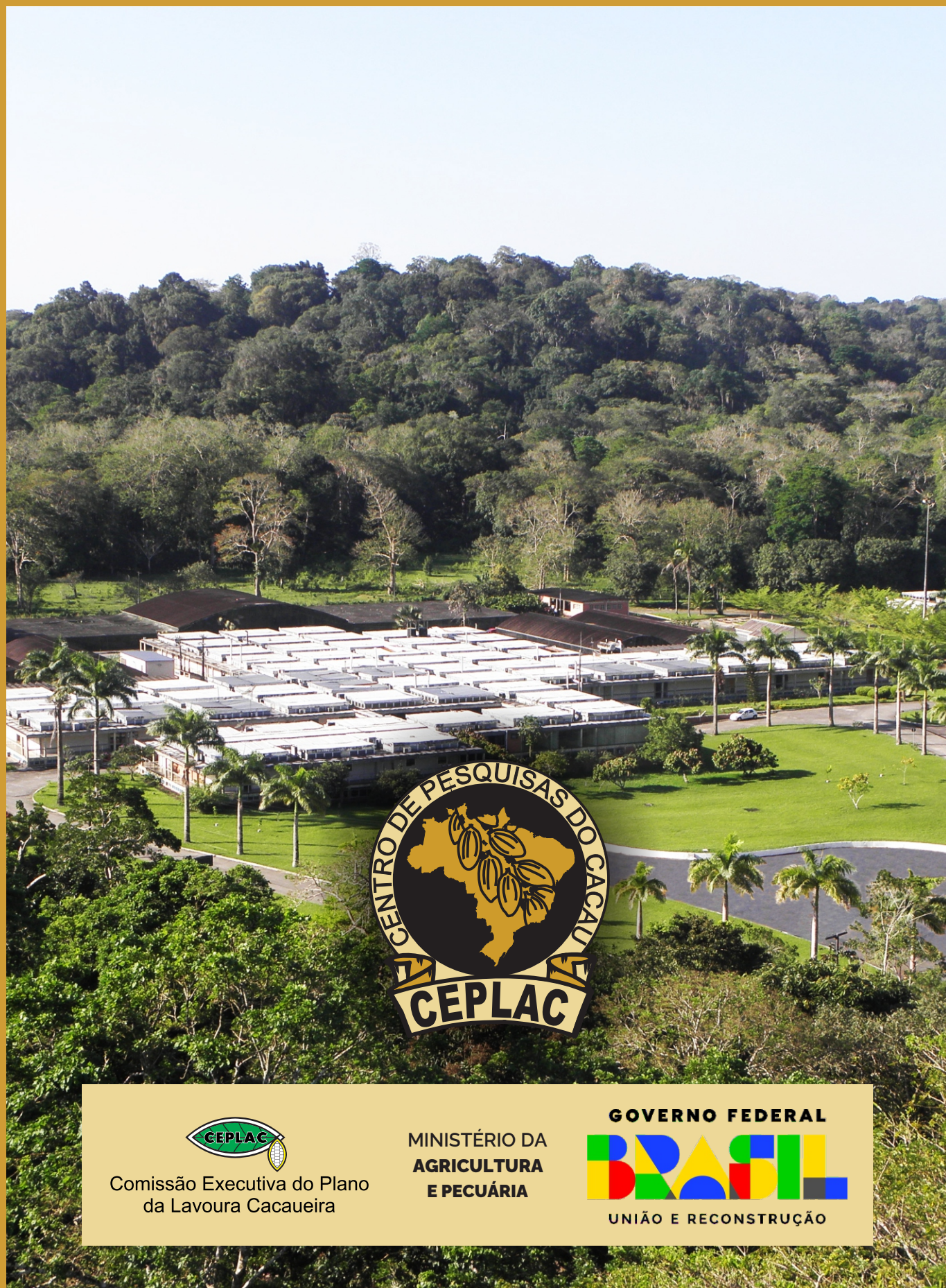
EDITORIAL POLICY

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



Comissão Executiva do Plano
da Lavoura Cacaueira

MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA
E PECUÁRIA

