

Agrotrópica

Volume 28, número 2, maio a agosto de 2016



**Centro de Pesquisas do Cacau
Ilhéus - Bahia**

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO

Ministro: Blairo Borges Maggi

Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira - CEPLAC

Diretor: Sérgio Murilo Correia Menezes

Superintendência Regional no Estado da Bahia - SUEBA

Superintendente: Adonias de Castro Virgens Filho

Centro de Pesquisas do Cacau - CEPEC

Chefe: José Marques Pereira

Superintendência Regional no Estado de Rondônia - SUERO

Superintendente: Cacildo Viana da Silva

Superintendência Regional no Estado do Pará - SUEPA

Superintendente: Jay Wallace da Silva e Mota

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: Retratam as primeiras pesquisas, em que o sombreamento permanente formado por eritrina foi substituído por seringueira em lavouras de cacau, no campo experimental do CEPEC e na área comercial da Fazenda Porto Seguro, ambas em Ilhéus, BA.

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:

Adonias de Castro Virgens Filho; Almir Martins dos Santos; Antônio Cesar Costa Zugaib; Dan Érico Vieira Petit Lobão; Edna Dora Martins Newman Luz; George Andrade Sodré; Givaldo Rocha Niella; Jacques Hubert Charles Delabie; José Basílio Vieira Leite; José Inácio Lacerda Moura; José Luís Bezerra; José Luís Pires; José Marques Pereira; Karina Peres Gramacho; Manfred Willy Muller; Maria das Graças Conceição Parada Costa Silva; Paulo César Lima Marrocos; Raúl René Melendez Valle; Stela Dalva Vieira Midlej Silva; Uilson Vanderlei Lopes.

Editor: Ronaldo Costa Argôlo.

Coeditor: Quintino Reis de Araujo.

Normalização de referências bibliográficas: Maria Christina de C. Faria

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

Capa: Ronaldo Costa Argôlo Filho

Endereço para correspondência:

AGROTRÓPICA, Centro de Pesquisas do Cacau (CEPEC), C.P. 07, 45600-970, Itabuna, Bahia, Brasil.

Telefone: (73) 3214 -3218

Fax: (73) 3214 - 3218

E-mail: agrotrop@ceplac.gov.br

Tiragem: 1000 exemplares

AGROTRÓPICA

V. 28

Maio - agosto

2016

N.2

CONTEÚDO

ARTIGOS

- 101** Substituição sustentável de eritrina por seringueira em SAF de cacaueiro. **J. R. B. Marques, W. R. Monteiro.**
- 123** Influência de fatores ambientais sobre atributos biométricos do cacau (em inglês). **G. A. H. de A. Loureiro, Q. R. de Araujo, R. R. Valle, G. A. Sodré, L. P. Santos Filho, S. J. R. Oliveira, P. A. S. Dantas, L. R. Couto, M. R. Lopes.**
- 141** Avaliação do crescimento e qualidade de portaenxertos e mudas de cacaueiros. **G. A. Sodré, A. O. de Macedo, G. A. H. de A. Loureiro.**
- 151** Uma nova espécie epifoliar de *Neopestalotiopsis* do Brasil (em inglês). **M. L. Silvério, M. A. de Q. Calvacanti, G. A. da Silva, R. V. de Oliveira, J. L. Bezerra.**
- 159** Severidade da podridão dos frutos de mamão em pós-colheita influenciada pelo tipo de inoculação e estágio de maturação. **T. A. S. de Oliveira, L. E. B. Blum, E. A. A. Duarte, D. D. C. Carvalho, E. D. M. N. Luz.**
- 169** Processos históricos influenciando a elevada riqueza arbórea na floresta Atlântica do Sul da Bahia. **L. C. M. Lopes, A. Giaretta, T. F. de Araújo, D. S. B. Rocha, E. Mariano-Neto.**
- 179** Variabilidade populacional na produção de óleo, lipídios totais na amêndoa e polpa de tucumã coletados no estado do Acre. **R. A. Zaninetti, A. Moreira, A. S. Ferraudou, S. T. Teixeira.**
- 185** Trocas gasosas em variedades de Feijão submetidas a salinidade (em inglês). **D. S. Coelho, J. A. B. da Silva, R. L. Nascimento, V. de S. Oliveira, J. A. Silva.**
- 191** Atividade antimicrobiana de extratos de sementes de moringa contra bactérias isoladas em fontes de águas contaminadas. **V. C. de Oliveira, S. A. dos Santos, T. A. de Arruda, L. dos S. Almeida.**
- 197** Associação de extrato de alho e óleo de pinhão manso no controle de *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae). **A. M. Holtz, M. L. Franzin, J. R. de Carvalho, J. M. C. Botti, J. J. de P. Marchiori, D. Pratissoli.**
- 201** Contribuição relativa dos descritores morfoagronômicos na caracterização de genótipos de tabaco. **T. P. P. Costa, R. F. C. Moreira, C. A. da S. Ledo, C. C. dos Santos, M. dos S. da Silva.**



**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:

Adonias de Castro Virgens Filho; Almir Martins dos Santos; Antônio Cesar Costa Zugaib; Dan Érico Vieira Petit Lobão; Edna Dora Martins Newman Luz; George Andrade Sodré; Givaldo Rocha Niella; Jacques Hubert Charles Delabie; José Basílio Vieira Leite; José Inácio Lacerda Moura; José Luís Bezerra; José Luís Pires; José Marques Pereira; Karina Peres Gramacho; Manfred Willy Muller; Maria das Graças Conceição Parada Costa Silva; Paulo César Lima Marrocos; Raúl René Melendez Valle; Stela Dalva Vieira Midlej Silva; Uilson Vanderlei Lopes.

Editor: Ronaldo Costa Argôlo.

Coeditor: Quintino Reis de Araujo.

Revision of bibliographical references:
Maria Christina de C. Faria

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

Cover: Ronaldo Costa Argôlo Filho

Address for correspondence:
AGROTRÓPICA, Cocoa Research Center (CEPEC), P.O.Box 07, 45600-970, Itabuna, Bahia, Brazil.

Telephone: 55 (73) 3214 - 3218

Fax: 55 (73) 3214-3218

E-mail: agrotrop@ceplac.gov.br

Circulation: 1000 copies.

AGROTRÓPICA

V.28

May - August

2016

N.2

CONTENTS

ARTICLES

- 101** Sustainable replacement of Erythrina for rubber tree in cacao SAF (in Portuguese). **J. R. B. Marques, W. R. Monteiro.**
- 123** Influence of environmental factors on cacao biometric attributes. **G. A. H. A. Loureiro, Q. R. de Araujo, R. R. Valle, G. A. Sodré, L. P. Santos Filho, S. J. R. Oliveira, P. A. S. Dantas, L. R. Couto, M. R. Lopes.**
- 141** Growth rate and quality of rootstocks and cocoa seedlings (in Portuguese). **G. A. Sodré, A. O. de Macedo, G. A. H. de A. Loureiro.**
- 151** A new epifoliar species of *Neopestalotiopsis* from Brazil. **M. L. Silvério, M. A. de Q. Calvacanti, G. A. da Silva, R. V. de Oliveira, J. L. Bezerra.**
- 159** Severity of papaya fruit rot in postharvest influenced by inoculation type and maturity stage (in Portuguese). **T. A. S. de Oliveira, L. E. B. Blum, E. A. A. Duarte, D. D. C. Carvalho, E. D. M. N. Luz.**
- 169** Historical processes influencing high health tree in the Atlantic Forest of Southern Bahia (in Portuguese). **L. C. M. Lopes, A. Giarretta, T. F. de Araújo, D. S. B. Rocha, E. Mariano-Neto.**
- 179** Population variability in production of oil, total lipids in kernel and pulp of tucumã (*Astrocaryum aculeatum*) collected in the Acre State, Brazil (in Portuguese). **R. A. Zaninetti, A. Moreira, A. S. Ferraudo, S. T. Teixeira.**
- 185** Gas exchange of cowpea varieties subjected to salt stress. **D. S. Coelho, J. A. B. da Silva, R. L. Nascimento, V. de S. Oliveira, J. A. Silva.**
- 191** Antimicrobial activity of seeds moringa extracts against bacteria isolated in contaminated waters sources (in Portuguese). **V. C. de Oliveira, S. A. dos Santos, T. A. de Arruda, L. dos S. Almeida.**
- 197** Association garlic extract and jatropha oil in control of *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae) (in Portuguese). **A. M. Holtz, M. L. Franzin, J. R. de Carvalho, J. M. C. Botti, J. J. de P. Marchiori, D. Pratissoli.**
- 201** Relative contribution of morphoagronomic descriptors and characterization of tobacco genotypes (in Portuguese). **T. P. P. Costa, R. F. C. Moreira, C. A. da S. Ledo, C. C. dos Santos, M. dos S. da Silva.**

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 forrages. Atlanta, PPI. 256p.

PARTE DE LIVRO

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

DISSERTAÇÃO

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

TESE

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

MONOGRAFIA SERIADA

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

PARTE DE EVENTO

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

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

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

Os autores receberão cópias do seu trabalho publicado.

GUIDELINES TO AUTHORS

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

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

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

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

5 - Abstract - No more than 200 words.

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

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

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

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

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

11 - Measurement units - Use only the International System.

12 - Figures (drawings, maps, pictures and graphs) - They must possess good quality for graphic reproduction; size 8.2 cm or 17 cm wide; photos should be scanned at 300 dpi and recorded, out of the text, in TIF file.

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

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

Citation should be given as follows.

PERIODICALS

REIS, E. L. 1996. Métodos de aplicação e fracionamentos de fertilizantes no desenvolvimento da seringueira (*Hevea brasiliensis*) no Sul da Bahia. *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 n° 180. 19p.

PART OF MEETINGS

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

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

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

After attending the corrections of the reviewers the author should return to the Editor a definitive copy of the corrected version and CD copy in the software recommended by the editors.

Authors will receive the reprints of their published paper.

SUBSTITUIÇÃO SUSTENTÁVEL DE ERITRINA POR SERINGUEIRA EM SAF DE CACAUEIRO

José Raimundo Bonadie Marques, Wilson Reis Monteiro

CEPLAC/CEPEC, km 22, Rod Ilhéus - Itabuna, Caixa Postal 07, 45600-970, Ilhéus, Bahia, Brasil. bonadie@ceplac.gov.br.

O excessivo sombreamento proporcionado por espécies de *Erythrina* ainda hoje observado nos plantios de cacau (*Theobroma cacao*), do sul da Bahia, está entre os principais fatores da baixa produtividade dos clones de cacaueiro, resistentes à vassoura-de-bruxa (*Moniliophthora perniciosa*), utilizados na renovação das lavouras formadas no sistema *cacau-eritrina*. A partir dessa percepção e visando modernizar o sistema de exploração agrícola desta importante região produtora de cacau é que se propõe substituir as eritrinas por seringueiras (*Hevea brasiliensis*). Esta espécie é considerada um componente arbóreo de usos múltiplos, valiosa para exploração em sistemas agroflorestais multifuncionais (SAFs), de alto valor econômico, adaptada às condições locais de cultivo, eficiente no sequestro de CO₂, além de proporcionar aos cacauais efetivo sombreamento em razão da arquitetura de copa e da facilidade de manejo. Trata-se de um novo sistema de plantio regional que visa dar sustentabilidade aos agronegócios cacau e borracha, por recuperar a produtividade de cacauais atacados pela vassoura-de-bruxa, simultaneamente ampliando a área cultivada com a seringueira. Isso é feito a um custo menor, sem a necessidade de desmatar florestas primárias, sem causar alterações nas características do solo do sistema anterior de uso da terra (*cacau-eritrina*), mantendo os mecanismos naturais de reciclagem de nutrientes. Com isso espera-se maior produtividade desses seringais, em razão do uso de clones produtivos, resistentes e com arquitetura de copa apropriada ao plantio em SAFs, além de serem plantados em solos mais férteis e com melhores práticas de manejo. Assim sendo, o processo de introdução da seringueira requer pequenos ajustes no arranjo, espaçamento, densidade populacional e orientação do sentido de plantio, buscando melhor distribuição espacial entre plantas. Assim estruturado, este sistema minimiza os efeitos de competição entre as culturas associadas por água, nutrientes, espaço e, principalmente, luz. Adicionalmente, favorece o controle natural de plantas invasoras, a ciclagem de nutrientes e o compartilhamento residual de fertilizantes exógenos. Entretanto, para minimizar os custos operacionais da implantação e obter sucesso na substituição devem-se priorizar as lavouras de cacaueiros produtivas, estabelecidas em solos profundos, sem impedimentos físicos, relevo plano ou levemente ondulado. Os resultados das pesquisas iniciais são promissores e mostram que as taxas de crescimento anual das seringueiras não sofreram influência do efeito de competição, mesmo quando implantadas em condições de forte restrição de luminosidade, iniciando a sangria com pouco mais de seis anos de idade. Evidencia ainda que o sistema proposto é viável sob o aspecto ambiental, econômico e social, porquanto fixa a mão de obra e gera empregos e renda, configurando-se como estratégico para o desenvolvimento rural sustentável das regiões produtoras de cacau do sul da Bahia.

Palavras-chave: Sistema de plantio, biodiversidade, sombreamento multifuncional, clones de *Theobroma cacao* e *Hevea brasiliensis*, manejo de copa.

Sustainable replacement of *Erythrina* for rubber tree in cacao AFS. Excessive shading provided by *Erythrina* species to cacao (*Theobroma cacao*), still observed in south of Bahia, Brazil is among the main factors of the low yield of productive and resistant to witches' broom (*Moniliophthora perniciosa*) by clones used in the renovation of crops formed with the *cacao-Erythrina* system. Based on this perception and to modernize the farming system of this important cocoa producing region, it is proposed to replace *Erythrina* trees for rubber trees (*Hevea brasiliensis*). This species is considered a component suitable for use in multifunctional agroforestry systems (AFS), and has high economic value, adapted to the local growing conditions, efficient as CO₂ sequestration

besides provides the cacao trees with quality shading, because the easy handling of the canopy architecture. It is a new regional planting scheme, which provides sustainability to the cacao and rubber agribusinesses and recovers the productivity of large areas of cacao trees attacked by witches' broom while significantly expanding the area planted with rubber trees. All at a lower cost without the need to clear primary forests of the Atlantic Forest and also without causing changes to the soil characteristics of the previous system of land use (*cacao-Erythrina*), maintaining the natural mechanisms of nutrient recycling. Thereby, it expected higher productivity of these rubber tree plantations due to the use of productive clones, resistant and with crown characteristics suitable for planting in AFS, besides being planted in fertile soils and with better management practices. Therefore, the actual process of introducing rubber requires minor adjustments regarding the arrangement, spacing, density and planting orientation, seeking better spatial distribution among plants. Well structured, this system decreases the effects of competition between the associated crops for water, nutrients, space and, mainly, light. Furthermore, favors the natural weed control, the nutrient recycling and the residual share of exogenous fertilizers. However, to minimize the operating cost of deploying and succeed in the replacement, it should be prioritized productive cacao crops, established in deep soils, without physical handicaps and flat or gently undulating topography. The results of initial studies are promising and show that the annual growth rates of rubber trees were not affected by the competition, even when implanted in severely restrict light conditions, beginning the entry into tapping with just over six years old. Further, indicates that the proposed system is viable not only from an ecological point of view but also social and economic, due to fixation of rural labor and creation of employment and income. Therefore, it is of great strategic potential for sustainable rural development in the cacao producing regions of Bahia.

Key words: planting system, biodiversity, multifunctional shade tree, *Theobroma cacao* and *Hevea brasiliensis* clones, canopy management.

Introdução

O cultivo do cacauzeiro (*Theobroma cacao*) tem sido mundialmente explorado sob a forma predominantemente de monocultura, à exceção de alguns países do sudeste asiático que cultivam cacauzeiros sob o dossel de coqueirais (Dupraz & Lifran, 1995). No Brasil, as lavouras foram implantadas em módulos muito maiores que os observados em outros países produtores e geralmente em solos de maior fertilidade (Alvim, 1977). Na Bahia, onde se encontra a maior área plantada do país, o cacauzeiro vem sendo cultivado principalmente sob a mata raleada (*cacau-cabruca*) e sob o sombreamento de outras espécies arbóreas introduzidas nas áreas desmatadas no sistema conhecido regionalmente por *cacau-eritrina* (Müller, Almeida e Sena-Gomes, 2004).

Entretanto, esse sistema convencional de plantio contribuiu para a rápida disseminação da vassoura-de-bruxa (*Moniliophthora perniciosa*), em razão da susceptibilidade da população de cacauzeiros plantada e das condições climáticas favoráveis ao patógeno (Monteiro et al., 2012). Apesar de altamente tecnificada, a exploração de cacauzeiro sob o sombreamento de eritrina passa a ser questionada, sob o argumento de que o modelo não garante a

sustentabilidade da atividade e coloca em xeque a sobrevivência do setor. Daí, a iminente necessidade de mudanças na forma de uso da terra, privilegiando sistemas de plantios que promovam a diversificação da produção e reduzam os riscos e incertezas do agronegócio.

A substituição das variedades suscetíveis por clones mais produtivos e resistentes à vassoura-de-bruxa foi uma das principais estratégias adotadas pela CEPLAC para minimizar os impactos negativos da doença, principalmente nos plantios formados pelo sistema *cacau-eritrina*. As irregularidades no sombreamento permanente assim como o excesso de sombra promovido por espécies de *Erythrina* aos cacauzeiros renovados têm inviabilizado a adoção de importantes práticas culturais para o manejo integrado da doença (Monteiro et al., 2012; Pereira e Valle, 2012), a ponto de comprometer o potencial de produção dos clones resistentes utilizados no processo de renovação, com reflexo negativo direto sobre a produtividade (Monteiro et al., 2011).

Essa condição determina a adequação das árvores de sombra visando a melhoria qualitativa do sombreamento (Monteiro et al., 2012), por meio de poda, desbaste progressivo da copa, eliminação e, ou, substituição das eritrinas por espécies arbóreas de uso

múltiplo, como proposto neste artigo. Nesse contexto, a seringueira se credencia como importante alternativa para a substituição das eritrinas, devendo ser observados princípios básicos de manejo sustentável, que implicam evitar danos ou alterações no uso da terra (*cacau-eritrina*), mantendo os mecanismos naturais de reciclagem de nutrientes e de conservação do solo. Para isso, devem ser rigorosamente observados: as variedades clonais a serem associadas, a disposição de plantio e a intensidade de sombreamento, fatores determinantes do sucesso da iniciativa e da viabilidade técnica, econômica e ambiental do SAF contínuo (Marques, Monteiro e Abreu, 2014).

Acrescente-se que a heveicultura é uma importante atividade agrícola que tem contribuído para o desenvolvimento social e econômico de regiões, gerando emprego e renda. Por isso, a CEPLAC tem encorajado a utilização da seringueira (*Hevea brasiliensis*) por proporcionar aos cacauzeiros um sombreamento de qualidade (Marques et al., 2007; Marques e Monteiro, 2011). Essa espécie vem sendo explorada em outras cadeias produtivas e o seu cultivo cumpre funções sociais e ecológicas e, sob o aspecto econômico permite ampliar a renda na propriedade em todas as fases de sua vida útil, em razão dos seus usos múltiplos: látex, mel e madeira (Pereira, Leal e Ramos, 2006). Portanto, a seringueira apresenta grande potencial como estratégia para tornar os agronegócios cacau e borracha sustentáveis e menos vulneráveis às flutuações de preço no mercado.

O objetivo deste artigo é reunir os procedimentos técnicos de substituição das eritrinas, visando oferecer aos produtores rurais alternativas de plantio para a recuperação da produção e da produtividade das lavouras de cacau, bem como oportunizar a agregação de renda pela ampliação da área cultivada com seringueira no sul da Bahia.

Contextualização da substituição

Sistemas de plantio praticados com o cacauzeiro no sul da Bahia

Na Bahia, o cacau cultivado sob o dossel da Mata Atlântica, sistema conhecido regionalmente por *cacau-cabruca*, não tem um padrão definido quanto à densidade de cacauzeiros e a composição florística das árvores que compõem a proteção de topo (Lobão,

Setenta e Valle, 2004). Muito embora seja um sistema ecologicamente apropriado, a sua viabilidade econômica é questionável, visto que a produtividade dos plantios de cacau assim estabelecidos é baixa (Müller, Almeida e Sena-Gomes, 2004). No outro sistema adotado, conhecido por *cacau-eritrina*, em que houve remoção total da cobertura vegetal original (derruba total), outras espécies de maior porte, provedoras de sombra permanente mais adequada passaram a ser utilizadas (Alvim, 1989a; Santana e Cabala-Rosand, 1985). As espécies *E. glauca* e, ou, *E. fusca* (Lobão et al., 2012; Vinha e Silva, 1982), exóticas ao ecossistema Mata Atlântica baiana (Lorenzi, 1998), foram as mais exploradas como árvore de sombra na formação dessas lavouras. Estas leguminosas têm como característica um crescimento vegetativo rápido, além de fixarem nitrogênio atmosférico. Hoje, sabe-se que 1/3 dos 680 mil hectares de área cultivada com cacauzeiros na Bahia, originalmente formadas com espécies desse gênero (Nascimento, 1994; Hill, 1999; Vinha e Silva, 1982), encontram-se excessivamente sombreadas, tornando essas lavouras pouco produtivas e antieconômicas, o que demanda alternativas para a sua substituição por espécies de maior valor econômico, a exemplo da seringueira.

O Problema e sua relevância

No estágio atual de crescimento e desenvolvimento, além de não gerarem qualquer receita adicional aos produtores de cacau, as diversas espécies de *Erythrina* utilizadas como componente arbóreo deixaram de cumprir o seu verdadeiro papel, isto é, prover sombreamento de qualidade. Ao contrário, estas espécies passaram a competir fortemente com os cacauzeiros por todos os fatores de produção: água, nutrientes e, mais precisamente por luz (Marques et al., 2003; IFCC, 1983). O excesso de sombra e as irregularidades na qualidade do sombreamento permanente, ainda hoje observado nos plantios de cacau no sul da Bahia, além de favorecer a proliferação de doenças e pragas e o uso inadequado dos fatores de produção, afeta o crescimento e desenvolvimento do cacauzeiro (Figura 1). Portanto, comprometem seriamente a capacidade produtiva dos plantios, com reflexo negativo direto sobre a produtividade (Monteiro et al., 2011). Isto é tão



Figura 1. Vista externa (A e B) e interna (C e D) de áreas de cacaueiros adultos (safreiros) altamente sombreadas por eritrinas na principal região produtora de cacau do sul da Bahia.

verdadeiro que, até mesmo em áreas renovadas, com a adoção de novas tecnologias desenvolvidas e disponibilizadas pela CEPLAC, as plantas de cacau ainda se ressentem do excesso de sombreamento. Assim sendo, fica evidente que a primeira intervenção técnica a ser feita na recuperação dessas lavouras é a adequação do sombreamento, através de poda, desbaste progressivo da copa, eliminação e até mesmo a substituição, como aqui proposto, por outras espécies arbóreas de uso múltiplo. A inobservância dessa prática de manejo tem grande influência na adoção de outros tratamentos culturais aplicados ao cacau, como: controle de plantas invasoras, clonagem com variedades de maior potencial de produção, poda de formação e manutenção, recomposição de estande, substituição de plantas improdutivas, controle de pragas e doenças,

aplicação de corretivos e fertilizantes, entre outros. Existem muitos exemplos na literatura mostrando que o excesso de sombreamento é responsável pelo estiolamento dos cacaueiros, perdas de frutos por doenças (Monteiro et al., 2011), diminuição da taxa fotossintética (Costa, Almeida e Valle, 2001), uso eficiente de água, floração (Müller e Valle, 2012) e produtividade (Almeida et al., 2013; Monteiro et al., 2011). Além disso, influencia também na produção e distribuição da biomassa (Gama-Rodrigues, 2004) e na adubação nitrogenada, que, a depender da situação, pode ocasionar efeito depressivo sobre o crescimento e rendimento do cacau (Wessel, 1985).

Apesar das espécies de *Erythrina* se destacarem pela capacidade de fixarem nitrogênio e favorecerem a ciclagem de nutrientes (Gama-Rodrigues, 2004), em razão do seu hábito anual de troca de folhas, outros

graves problemas reforçam a necessidade da sua substituição. Essas árvores são altamente povoadas por epífitas que interferem mais ainda na entrada da luz solar no extrato inferior do ambiente. A ocorrência de espinhos ao longo do tronco e ramos das eritrinas dificulta o seu manejo. Soma-se a isso o fato de que o seu sistema radicular é desenvolvido horizontalmente e se concentra no mesmo extrato de solo ocupado pelas raízes do cacauzeiro exercendo forte competição por água, espaço e nutrientes (Silva & Kummerow, 1998). A queda de galhos, epífitas e da própria planta é frequente, danificando os cacauzeiros plantados e, ou, renovados sob o seu dossel. A queda de matéria vegetal causa sérios prejuízos às lavouras de cacau, especialmente em locais de ocorrência de ventos fortes, como os que incidem na principal área produtora de cacau na Bahia. O rebaixamento da copa da *Erythrina* poderia minimizar e superar tais problemas, mas trata-se de uma atividade de difícil execução, custo elevado, requerendo também pessoal qualificado, por ser uma prática de alto risco dada o elevado porte dessas plantas. Em áreas experimentais manejadas do CEPEC tem-se observado que a rebrota dos galhos mais grossos e ramos podados é rápida e vigorosa, o que inviabiliza a adoção dessa prática de manejo em escala comercial. Além disso, quando se reduz parte da copa da *Erythrina*, a planta manifesta resposta fisiológica natural, eliminando no solo um volume de raízes equivalente ao anteriormente necessário para nutrição dos galhos podados (Ferree & Schupp, 2003; Miller & Tworowski, 2003; Schupp & Ferree, 1988), o que a torna muito mais vulnerável a quebra e tombamento pela ação dos ventos.

O impacto ambiental decorrente da supressão das eritrinas

Sabe-se que a supressão da floresta ou outra vegetação secundária em uma dada área pode quebrar o delicado equilíbrio que torna o ecossistema sustentável. Portanto, para reestabelecer a estabilidade, o sistema de uso da terra sucessor deverá suprir, pelo menos em parte, aqueles mecanismos ou serviços que vinham anteriormente sendo providos pela vegetação suprimida, como por exemplo: a ciclagem de nutrientes e a conservação do solo (Veiga e Tourrand, 2004).

Neste sentido, a supressão das eritrinas, com a introdução da seringueira como árvore de sombra não

causará quaisquer impactos ambientais negativos, em relação ao sistema tradicional de cultivo do cacauzeiro (*cacau-eritrina*). Com a substituição, espera-se que as alterações que normalmente ocorrem em algumas características do solo, tais como o teor e a composição da matéria orgânica, complexo argilo-húmico, capacidade de troca de cátions (Velasco & Lozano, 1979), perdas de fertilidade e diversidade de microrganismos não venham a acontecer. Até porque as seringueiras serão introduzidas adotando-se todas as estratégias de manejo do solo, de maneira a não quebrar os mecanismos naturais de reciclagem e de proteção do sistema anterior de uso da terra (*cacau-eritrina*). Apenas nas fileiras de plantio da seringueira a serapilheira será removida lateralmente para a abertura das covas e logo após o plantio das mudas será distribuída de volta ao local de origem. Assim, a camada de liteira existente no sistema *cacau-eritrina* não será removida e nem tampouco queimada, mantendo o solo coberto e protegido contra impactos diretos da chuva e do sol, além de reter maior umidade no solo (Figura 6C). Isto certamente favorecerá não apenas, o crescimento mais rápido das seringueiras, bananeiras (*Musa* sp.) e gliricídias (*Gliricidia sepium*), mas também o aumento da produtividade dos cacauzeiros adultos.

Por outro lado, a seringueira por ser uma espécie caducifolia, na sua fase adulta repõe matéria orgânica ao solo, promovendo reciclagem de nutrientes, da mesma forma que as eritrinas. Os resíduos dos corretivos e dos fertilizantes aplicados por anos e anos aos cacauzeiros poderão ajudar a acelerar o seu crescimento inicial e, conseqüentemente, atingir mais rapidamente a fase de maturidade. Quando adulta suas raízes exploram camadas mais profundas do solo, sobretudo devido a sua maior tolerância às condições químicas desfavoráveis dessa camada não corrigida quimicamente (Pereira et al., 1998). Esse fato possibilita à seringueira desempenhar papel fundamental na ciclagem de nutrientes, interceptando e recuperando nutrientes que foram lixiviados das camadas superficiais e se acumularam no subsolo e, ainda, daqueles não completamente aproveitados nas adubações de rotina dos cacauzeiros.

Como espécie arbórea, a seringueira pode atingir 25 m de altura em condições favoráveis de cultivo (Gonçalves e Marques, 2014), pode melhorar o

microclima, beneficiar o cacaueiro e impedir a redução drástica da umidade de solo sob a influência de suas copas. Isto porque reduz a excessiva evaporação causada pela radiação solar, dada à deposição da camada densa de material orgânico, gerado continuamente pela queda anual de folhas e galhos, aumentando a proteção do solo contra erosão e propiciando um conforto térmico às culturas associadas. O dossel das suas copas e camada depositada de material orgânico sobre a superfície do solo serve de proteção contra altas temperaturas e reduz a incidência direta de radiação, diminuindo a ocorrência de plantas invasoras, com reflexos positivos no desempenho em produção de cacau. Ainda funciona como poder tampão no sombreamento do cacaueiro e proteção física com função de quebra-vento, minimizando os prejuízos causados pelo vento. Também o seu cultivo é uma das formas mais eficiente de capturar e reter na biomassa (Carmo, Manzatto e Alvarenga, 2007) e na borracha explorada (Jacovine et al., 2006) grandes quantidades de carbono atmosférico, contribuindo para mitigar o efeito estufa.

Sistema agroflorestal proposto para substituir as eritrinas

Sistema contínuo

No cenário mundial há fortes tendências para mudanças significativas de uso da terra, com a utilização de sistemas de plantio que levem em consideração, além da produtividade biológica, aspectos sociais, econômicos e ambientais. Nesse contexto, os sistemas agroflorestais representam um conjunto de técnicas alternativas de uso e manejo dos recursos naturais (Nair, 1993). Esses modelos combinam espécies temporárias e, ou, permanentes (florestais, palmeiras, frutíferas) com culturas agrícolas de ciclo de produção variável e, ou, animais em uma mesma área (Montegnini et al., 1992). Essas combinações podem ser simultâneas ou em sequência no tempo e no espaço, aplicando técnicas de manejo que são compatíveis com as práticas culturais da população local (Alvim, 1989a). Portanto, os SAFs buscam equacionar os principais problemas da agricultura e de seus impactos negativos sobre o meio ambiente, oferecendo possibilidades de diversificar a produção e produtos, reduzindo os riscos e incertezas de um único segmento de negócio (Vale et al., 2006). Esses sistemas, a depender da natureza de sua produção

principal, são classificados de diferentes maneiras (Alvim, 1989a): agrossilvicultura (quando combinam cultivos agrícolas com essências florestais), silvipastoris (quando incluem pastagens, animais e árvores) e agrossilvipastoris (quando combinam pastagens, animais, cultivos agrícolas e árvores).

Neste contexto, o sistema proposto se enquadra perfeitamente como um sistema agroflorestal misto permanente e é caracterizado como contínuo, por associar os diferentes componentes em arranjos espaciais de alto grau de intimidade, cobrindo em conjunto e disseminadamente toda a superfície cultivada (Alvim, 1989b). Na prática, entretanto, as maiores limitações observadas na associação de árvores de maior porte com cacaueiros em sistema contínuo, estão relacionadas à utilização da luz solar, manejo do componente arbóreo e um número relativamente pequeno de plantas de sombra para a obtenção de uma produção economicamente viável (Alvim, 1989b). Assim, para minimizar e até mesmo superar estas limitações, no planejamento da substituição das eritrinas por seringueiras foram feitas alterações na concepção do arranjo espacial, escolha da espécie arbórea adequada e o seu manejo como árvore de sombra visando dar economicidade a este novo sistema agroflorestal. Para tanto, a seringueira é introduzida nas entrelinhas dos cacaueiros adultos, em espaçamentos mais amplos do que os adotados na monocultura (Figura 2), de forma a favorecer maior penetração da luz solar no interior da



Figura 2. Detalhes da introdução da seringueira nas entrelinhas dos cacaueiros adultos (safreiros), em fileiras simples, na Fazenda Porto Seguro, Ilhéus, BA.

área. E, também importante, em uma densidade populacional bem superior as 25 a 30 árvores de sombra por hectare do sistema anterior de uso da terra (Alvim, 1976), ou seja, com densidade de plantio variando de 220 a 330 plantas por hectare, a depender do espaçamento adotado em função do relevo da área comercial (Tabela 1).

Tabela 1. Dispositivo de plantio da seringueira em fileiras simples nas entrelinhas dos cacauzeiros

Espaçamento da seringueira	Plantas por hectare	Espaçamento do cacauzeiro	Plantas por hectare
15,0 m x 2,0 m	333	3,0 m x 3,0 m	1111
15,0 m x 2,5 m	267	3,0 m x 3,0 m	1111
15,0 m x 3,0 m	222	3,0 m x 3,0 m	1111
18,0 m x 2,0 m*	278	3,0 m x 3,0 m	1111
18,0 m x 2,5 m*	222	3,0 m x 3,0 m	1111

*espaçamentos mais indicados para áreas com relevo ondulado e voltados para o poente.

Perspectivas de adoção do sistema contínuo

Os principais fatores que limitam a plena expansão e utilização racional dos SAFs estão relacionados com a carência de informações que comprovem a sua viabilidade econômica. Falta também pessoal técnico qualificado para sua implantação e manejo adequado, além de carência na divulgação das potencialidades técnicas por parte das instituições de pesquisa responsáveis pela definição das prioridades, planejamento agrícola e política de incentivo e crédito (Vale et al., 2006; Oliveira et al., 1996).

Os sistemas agroflorestais podem ter desenhos que variam de simples a complexos, dependendo da composição das espécies vegetais selecionadas, do arranjo espacial e, ou, temporal e da densidade de plantio. De certa forma estes sistemas são mais complexos que as monoculturas sendo as maiores dificuldades relacionadas com a adoção das práticas de manejo. Dentre elas, a principal consiste em regular para várias espécies, em um mesmo espaço, a oferta de luz, água e nutrientes, de maneira a minimizar os efeitos de competição entre elas e maximizar a produtividade do sistema como um todo (Campello et al., 2006).

O cultivo do cacauzeiro da forma tradicional já se caracteriza como um SAF, pois normalmente está estabelecido sob a mata raleada, em sistema *cacaucabruca* (Lobão et al., 2012) ou sob o sombreamento

de bananeira, eritrina e, ou, essências arbóreas remanescentes da Mata Atlântica (Alvim & Nair, 1986). Portanto, esta modalidade de cultivo mostra, entre outros aspectos, que o produtor de cacau apresenta maior aptidão à diversificação de cultivos e à preservação dos recursos naturais (Marques, Mandarino e Monteiro, 2014). Ou seja, eles estão mais familiarizados e aptos a adotarem sistemas de plantio menos empíricos e melhor planejados, cujas espécies associadas (anuais, semiperenes e perenes) sejam de fato integrantes econômicos.

Assim sendo, as práticas para a introdução da seringueira em substituição à eritrina em plantações de cacauzeiros adultos não acarretariam dificuldades para ser assimiladas pelos produtores de cacau. Apenas seriam necessários pequenos ajustes na adequação do espaçamento de plantio, escolha correta dos clones de seringueira, orientação do sentido de plantio e, principalmente, o manejo a ser dispensado na altura de formação da copa do novo componente arbóreo.

Manejo da seringueira e do cacauzeiro no sistema contínuo

O manejo do componente arbóreo em sistemas de plantio multiestratificado é imprescindível e se fundamenta no fato de que ao crescer, ocorre aumento irreversível do volume. O aumento da parte aérea com o decorrer dos anos, forma copa mais ampla e densa, restringe cada vez mais a disponibilidade de luz solar no interior do ambiente, o que inevitavelmente afeta o crescimento, desenvolvimento e produção das culturas associadas. Assim, para o sucesso desse sistema de plantio, tanto as seringueiras como os cacauzeiros têm que ser manejados diferentemente das monoculturas.

No caso da seringueira, antes mesmo da sua implantação em meio aos cacauzeiros adultos substituindo às eritrinas, deve-se dispensar cuidados especiais na escolha da variedade clonal a ser utilizada como componente arbóreo, que deve ter características agrônomicas que atendam aos requisitos do plantio em SAF (Marques e Monteiro, 2007). Estas características incluem: adaptabilidade à região, alta produção de borracha, vigor do tronco, resistência às doenças, e mais precisamente arquitetura de copa menos compacta e com menor densidade foliar, ramificações laterais mais fechadas, voltadas para cima e na forma

de taça e resistência aos ventos fortes. O clone SIAL 1005 incorpora todas estas características e ainda sobressai em relação aos demais clones plantados na região, por desgalhar naturalmente mais alto, em torno de sete a oito metros, formando tronco mais comprido (Figura 3), o que favorece o seu manejo em SAFs com o cacaueiro e outras culturas perenes.

O manejo da copa da seringueira assume papel preponderante no sistema contínuo e tem peculiaridades que o diferencia da monocultura, principalmente no que se refere à altura de formação da copa. Assim, desde o plantio da muda nas entrelinhas dos cacaueiros adultos (Figura 2), deve-se assegurar a condução da haste principal da seringueira, evitando-se a emissão prematura de brotações laterais, que normalmente surgem a cada fluxo foliar, pelo uso da técnica de castração descrita por Marques et al. (2012), até que o fuste atinja uma altura mínima de seis metros do solo livre de bifurcações laterais (Figuras 4 e 5).

Adotando-se esta técnica desde o início se conduz melhor a distribuição do crescimento e desenvolvimento da seringueira ao longo do tempo (Figura 4), evitando o sombreamento excessivo dos cacaueiros. Além disso, reduz-se o número de intervenções que normalmente são dispensadas ao componente arbóreo para dar sustentabilidade aos sistemas de produção biodiversos (Marques, Monteiro e Abreu, 2014; Silva, 2013; Dubois, 2013; Reis e Magalhães, 2006; Miranda, Pereira e Bergo, 1999; Abel, Baxter e Campbell, 1997; Götsch, 1995; Alvim, Virgens Filho e Araújo, 1989; OTS/CATIE, 1986). Portanto, a elevação e formação da copa mais alta e menos densa, sem limitar a eficiência fotossintética da planta, além de facilitar a entrada de luz solar e movimentação da massa de ar nas entrelinhas, contribui para o desenvolvimento, produção e longevidade das culturas associadas. Isso por minimizar os problemas fitossanitários em uma região, onde as condições de clima, com chuvas



Figura 3. Clone SIAL 1005 com tronco ereto e cilíndrico e características de copa mais adequada para o estabelecimento de SAFs com o cacaueiro no sul da Bahia.



Figura 4. Castração ou cegamento das gemas axilares (A), feita no último lançamento foliar maduro (B), para evitar a proliferação de brotações indesejáveis (drenos) que surgem na haste principal da seringueira na fase inicial de crescimento (C).



Figura 5. Seringueiras manejadas com tronco ereto e cilíndrico e com copas formadas a maior altura do que as dos cacaueiros, em SAF contínuo, na Fazenda Porto Seguro, Ilhéus, BA.

abundantes e alta umidade relativa do ar limitam à expansão da heveicultura (Marques et al., 2015). Esse manejo de copa também promove o aumento do fuste, formando toras de maior comprimento, sem bifurcações e nodulações entre outros defeitos comumente observados na monocultura (Kronka, 2014), ampliando-se a perspectiva de que a seringueira possa contribuir com a oferta de madeira para indústria. Espera-se, ainda, uma maior produção de borracha, em razão do prolongamento da duração do fluxo de látex a cada sangria e da maior área de drenagem do painel quando da utilização da sangria ascendente (Figura 5), aumentando por mais tempo a fase de exploração econômica do seringal (Marques, Monteiro e Abreu, 2014).

Também, o rebaixamento da copa e a adequação do porte do cacaueiro adulto são imprescindíveis para a obtenção de sucesso neste sistema de plantio e devem levar em consideração os diferentes aspectos e fatores mencionados por Pereira e Valle (2012). Por exemplo, os galhos mais altos devem ser retirados gradualmente, limitando a altura da planta entre 2,5 a 3 metros a partir do solo. As copas devem ser manejadas individualmente, através de podas de formação e de manutenção, visando dotar as plantas de arquitetura adequada, reduzindo ao máximo os efeitos de competição entre os cacaueiros ao tempo em que se favorece a manutenção do estande original (Monteiro et al., 2011). Observar que os cacaueiros localizados

ao lado das fileiras de seringueira devem ter suas copas manejadas paralelamente a esta fileira de plantio, evitando a projeção de galhos sobre a futura área do painel de sangria como pode ser também visualizada na Figura 5. As adubações e os diferentes tipos de enxertias e mudas utilizadas na renovação das plantas improdutivas e recomposição do estande de cacaueiros, assim como as demais práticas culturais de rotina devem seguir as indicações de sistemas de produção definidos pela CEPLAC (Monteiro et al., 2012).

Vantagens e benefícios do sistema contínuo

Os SAFs envolvendo seringueira e cacaueiro como culturas permanentes principais, oferecem muitas vantagens e benefícios sobre os plantios em monocultura. Dentre essas vantagens podem ser destacadas: 1) controle da ocorrência de plantas invasoras, reduzindo a competição e os custos de limpeza da área (Marques et al., 2012; Pereira et al., 1997); 2) melhoria das propriedades físicas e químicas do solo devido à ciclagem de nutrientes, proporcionando condições de melhor desenvolvimento das culturas com consequente redução do período de imaturidade do seringal e retorno mais rápido do capital investido (Pereira et al., 1997; Alvim, Virgens Filho e Araújo, 1989); 3) desenvolvimento de microclimas que favorecem a floração dos cacaueiros, a proliferação de insetos polinizadores comuns às duas culturas e a redução de problemas fitossanitários, dado a manutenção de luz solar e temperatura em níveis adequados no interior da área (Marques et al., 2015; Pereira et al., 1997); 4) maior fixação e racionalidade no aproveitamento da mão de obra (Alvim, Virgens Filho e Araújo, 1989); 5) otimização do processo de sequestro de carbono (Carmo, Manzatto e Alvarenga, 2007; Cotta, 2005); 6) agregação de receitas, melhorando o fluxo de caixa (Pereira, Leal e Ramos, 2006; Alvim, Virgens Filho e Araújo, 1989); 7) redução dos riscos e incertezas decorrentes de condições desfavoráveis de clima, mercado, doenças e pragas (Nair, 1993; Pereira et al., 1997); 8) baixa competição por água e nutrientes, dado os sistemas radiculares das duas espécies ocuparem estratos distintos no solo (Gama-Rodrigues e Cadima, 1991; Cadima e Alvim, 1973; Moraes, 1977); 9) redução dos custos gerais de manutenção, já que as necessidades fisiológicas das seringueiras são plenamente supridas pelos tratos

culturais normalmente dispensados aos cacaueiros (Marques et al., 2015; Alvim, Virgens Filho e Araújo, 1989); 10) reincorporação de áreas abandonadas e, ou, degradadas ao processo de produção (Marques et al., 2015; Nair, 1993); 11) maior flexibilidade na comercialização dos produtos e subprodutos em épocas mais favoráveis (Marques et al., 2012); e 12) facilidade do manejo geral das culturas (Marques, Monteiro e Abreu, 2014).

Além das vantagens e benefícios mencionados, há outras com vertentes econômicas e ambientais bem específicas do sistema contínuo que justificam a sua adoção, por promover uma exploração agrícola sustentável na região cacaueira baiana. Por exemplo, a utilização da seringueira como componente arbóreo, em substituição das eritrinas, tem um custo de implantação relativamente reduzido quando comparado com a monocultura, pois apenas as despesas relativas à sua implantação são contabilizadas, como: a aquisição e transporte de mudas enxertadas e a mão de obra necessária à realização dos serviços de derruba, rebaixamento e retirada das eritrinas do interior das plantações, balizamento, abertura e preparo de covas, plantio e adubações complementares nos dois primeiros anos de crescimento e desenvolvimento das seringueiras. Os demais custos são atribuídos à manutenção dos cacaueiros, os quais estão relacionados à sua renovação e às práticas de manejo, que de forma indireta também atendem todas as exigências das seringueiras. Estes custos podem ser amortizados pela comercialização da madeira das eritrinas como matéria-prima na fabricação de inúmeros produtos: pasta celulósica, placa de aglomerado, caixotaria leve e na confecção de gamelas, brinquedos, lápis, palitos, barcos, tamancos, calhas, entre outros utensílios leves (Lorenzi, 1998), tornando, assim, o investimento muito mais atrativo do ponto de vista econômico (Marques e Monteiro, 2007).

Outro ponto a destacar é que com a substituição das eritrinas prevê-se uma expansão significativa da área plantada com seringueira e, mais importante ainda, sem haver a necessidade de incorporação de novas áreas ao processo de produção, ou seja, desmatamento zero. Isto porque, a seringueira será manejada de tal maneira a não causar nenhum impacto negativo ao ambiente, nem tampouco ao sistema anterior de uso do solo (*cacau-eritrina*). Além disso, a maximização do uso do solo dessas áreas cultivadas impedirá o

avanço da fronteira agrícola sobre as áreas naturais; ao contrario dos desmatamentos para expansão da agricultura no sul da Bahia, que tanto descaracterizou o ecossistema original da Mata Atlântica (Sambuichi & Haridasan, 2004; Saatchi et al., 2001), além de ocasionar sérios prejuízos à qualidade de vida da população regional. Deste modo, a substituição da eritrina pela seringueira em sistema contínuo se constitui em uma alternativa economicamente viável de ocupação e recuperação de milhares de hectares de plantios de cacaueiros decadentes e atacados por vassoura-de-bruxa, evitando novos desmatamentos e conservando os recursos naturais.

Diferente de outros modelos de uso da terra, este sistema particularmente proporciona maior eficiência no aproveitamento de insumos externos (corretivos e fertilizantes) e permite a redução ou eliminação de algumas práticas culturais, a exemplo do controle de plantas invasoras, dado ao manejo *bate-folha* do cacaueiro (Figura 1C). Esta camada orgânica da cobertura *bate-folha* (Inácio et al., 2005), formada no sistema anterior de uso da terra com a combinação *cacau-eritrina*, não sofrerá alterações bruscas com a supressão das eritrinas. O sistema proposto mantém a contínua incorporação de biomassa produzida pelas seringueiras, o que protege o solo contra impactos diretos da chuva e do sol e contribui para a formação de matéria orgânica. Além disso, inibe a germinação das sementes depositadas no solo e, ou, as já existentes no banco de sementes. Portanto, diminui fortemente a competição por água e nutrientes normalmente exercida pelas plantas invasoras com as plantas cultivadas, ou em última instância tornando-a menos acentuada. Assim sendo, reduz os custos de implantação e manutenção e ainda favorece um maior desenvolvimento das seringueiras quando comparada à monocultura.

Metodologia e estratégias

Escolha da lavoura de cacaueiros a ser renovada

Nesse sistema, em particular, atenção especial deve ser dada a escolha da área ou da lavoura de cacau que será utilizada para a substituição das eritrinas. Essas lavouras devem ser as mais produtivas do imóvel,

apresentar maior densidade populacional, renovadas ou em processo de renovação. Isto visa à geração de receitas antes mesmo da implantação da seringueira, minimizando com isso os custos operacionais nos primeiros anos e, por conseguinte, racionalizando o fluxo de caixa, a fim de tornar o sistema proposto economicamente mais atrativo. Além de mais produtivas, essas lavouras devem ter sido implantadas em solos profundos, porosos, sem camadas impeditivas de qualquer natureza, bem drenados e com boa retenção de água. Solos com estas características proporcionam ao sistema radicular da seringueira desenvolvimento pleno, possibilitando o aprofundamento da raiz pivotante, que pode atingir até 10 m de profundidade (Moraes, 1977). Desta forma, evitam-se os danos que normalmente são causados aos plantios quando estabelecidos em áreas com impedimentos físicos ou solos poucos profundos. As

lavouras selecionadas devem ainda apresentar relevo plano ou levemente ondulado, com até 5% de inclinação. Este relevo facilita a introdução e a orientação das fileiras de plantio do novo componente arbóreo, a movimentação de máquinas e equipamentos e, futuramente, racionalizar a operação de sangria.

Preparo de área e plantio da seringueira

Escolhida a área, o passo seguinte consiste em fazer o balizamento das fileiras simples de seringueira dentro das entrelinhas dos cacaueiros adultos (Figura 6A). As fileiras devem manter uma distância mínima de 1,5 m das plantas no menor espaçamento mencionado na Tabela 1. Em seguida, procede-se com a poda lateral da copa dos cacaueiros que se localizam em ambos os lados dessas fileiras, objetivando a abertura de uma faixa de aproximadamente 3 metros de largura (Figura 6B). Após essas operações, deve-se remover toda a



Figura 6 – Preparo de área para introdução da seringueira, em substituição às eritrinas, balizamento (A), abertura de faixa (B), abertura de covas (C) e plantio da muda e colocação da serapilheira ao redor da muda de seringueira recém-implantada (D), na Fazenda Porto Seguro, Ilhéus, BA.

serapilheira para as laterais da faixa aberta e proceder à abertura das covas (Figura 6C). As dimensões da cova, assim como o seu preparo, o tipo de muda utilizada e o plantio devem seguir rigorosamente as recomendações preconizadas pela pesquisa regional ou local (Marques et al., 2012; Monteiro et al., 2012; Pereira e Valle, 2012). Após o plantio das mudas de seringueira espalha-se a serapilheira uniformemente, visando manter o solo úmido ao redor das mudas e também evitar a incidência de plantas invasoras (Figura 6D).

Orientação do sentido do plantio

Ressalta-se que neste sistema contínuo é de extrema importância que as fileiras simples de plantio do novo componente arbóreo sejam sempre orientadas no sentido Leste-Oeste. Esta orientação assegura um maior período de luminosidade, proporciona o desenvolvimento de um microclima mais favorável à produção e longevidade dos cacaueiros adultos e, ainda, é benéfica ao desenvolvimento inicial das mudas de seringueira recém-implantadas. Quando esta orientação coincide com a direção dos ventos dominantes, aliada à adoção da prática de elevação e formação da copa das seringueiras mais altas, se favorecerá a movimentação da massa de ar. Penetração de ar (vento) dentro da área reduz a umidade, diminuindo riscos fitossanitários às culturas associadas, principalmente na parte aérea do sistema com um todo. Esta mesma orientação de plantio vem sendo sugerida por outros autores na formação de SAFs envolvendo a seringueira com o cafeeiro (Pereira et al., 1998) e o eucalipto, pastagens e cultivos agrícolas (Reis e Magalhães, 2006).

Cuidados na supressão das eritrinas

Após o balizamento da área e antes do plantio da seringueira, devem-se iniciar os trabalhos de eliminação das eritrinas. A eliminação deve ser feita por etapas, de maneira a causar os menores danos possíveis aos cacaueiros. Assim, apenas as eritrinas que coincidirem ou estiverem bem próximas às fileiras simples da seringueira devem ser eliminadas. As eritrinas que permanecerem nas entrelinhas dos cacaueiros deverão ter inicialmente suas copas elevadas e mantidas na área para prover sombreamento ao sistema como um todo. Após eliminação de eritrinas e poda das remanescentes deverá proceder-se ao plantio das mudas de seringueira

(Figura 2). A partir do segundo ano e à medida que as seringueiras cresçam e atinjam alturas que proporcionem sombra ao cacau, as eritrinas remanescentes devem ser eliminadas também de maneira cuidadosa. Fica evidente que o sistema prevê apenas a eliminação das eritrinas e espécies afins existentes na área a ser substituída, as demais essências arbóreas nativas da Mata Atlântica e os cacaueiros adultos devem ser mantidos e manejados adequadamente conforme mencionado anteriormente. Ressalta-se, ainda, que o processo de eliminação das eritrinas reveste-se de riscos e requer cuidados especiais em todas as suas etapas, desde a aplicação de arboricida até a derrubada do tronco e a retirada de galhos do interior da área. Por isso, recomenda-se que esses serviços sejam realizados sempre por empresas qualificadas, que tenham pessoal devidamente treinado, procurando evitar acidentes em geral e danos mínimos às seringueiras recém-implantadas e aos cacaueiros novos e adultos, renovados e replantados (Marques et al., 2012).

Dispositivo de plantio e espaçamento

A integração da seringueira como árvore de sombra nas lavouras de cacau, tecnicamente formadas (cacau-eritrina), é planejada para funcionar permanentemente ao longo de toda exploração econômica. Os arranjos de campo são feitos em espaçamentos ou densidades próprias, onde a possibilidade de supressão de um componente por outro é muito reduzida. Há diversos dispositivos e espaçamentos de plantio que podem ser adotados na substituição das eritrinas (Marques et al., 2012). Diferentemente dos demais SAFs, nesse sistema contínuo, o cacaueiro deve manter a densidade original de plantio, ou seja, 1111 plantas por hectare, quando espaçadas de 3,0 m x 3,0 m. Para tal, é necessário que se faça a recomposição imediata do estande, preenchendo todas as falhas que houver, para não comprometer a produção de cacau. As seringueiras são implantadas em fileiras simples alternadas a cada cinco ou seis fileiras de cacaueiros (Figura 7), dependendo do relevo da área. Nas lavouras estabelecidas em áreas com relevo plano ou levemente ondulado, as fileiras de seringueira podem ser mantidas mais próximas uma das outras, ou seja, distanciadas no mínimo de 15,0 m. Entretanto, em áreas mais declivosas deve-se adotar espaçamentos maiores

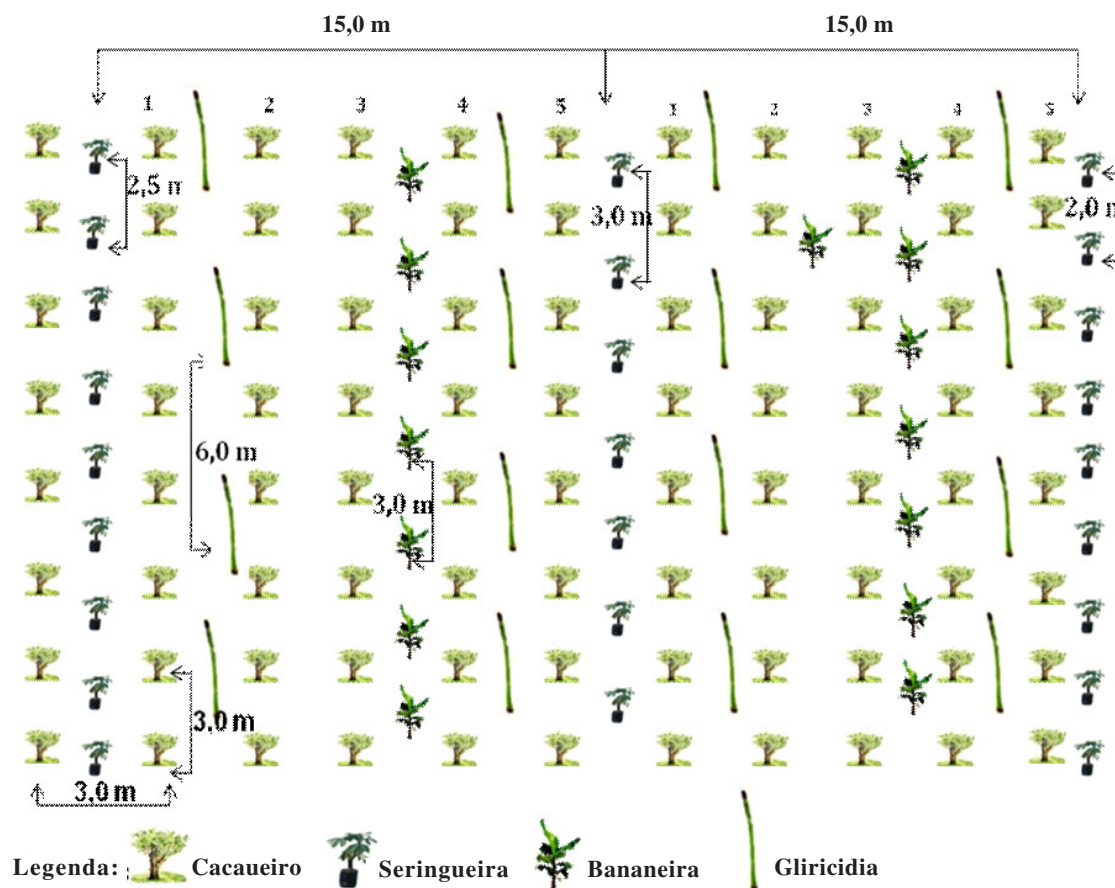


Figura 7. Representação esquemática da introdução da gliricídia nas entrelinhas dos cacaueiros adultos (safreiros) em meio às seringueiras e bananeiras.

entre as fileiras, visando minimizar a competição entre plantas por luz, especialmente na fase adulta do seringueiro, evitando também que se criem condições favoráveis para a ocorrência de doenças foliares. Qualquer que venha a ser o espaçamento de plantio das seringueiras adotado pelo produtor, no sistema em fileiras simples sempre se terá uma menor densidade de seringueiras por unidade de área, ou seja, variando de 222 a 330 plantas por hectare (Tabela 1). Em monocultura a densidade está entre 476 a 550 plantas por hectare e no plantio simultâneo da seringueira com o cacaueiro entre 400 a 470 plantas por hectare.

Ressalva-se, contudo, que a menor densidade de seringueiras no sistema contínuo não implica necessariamente em menor produtividade quando comparada aos sistemas de plantio em monocultura ou simultâneo (SAF zonal cacaueiro e seringueira). Isto porque nos diferentes espaçamentos recomendados, as seringueiras são beneficiadas com

a redução da competição entre plantas, efeito residual de adubações ministradas aos cacaueiros, melhor aproveitamento da luz solar, melhor desenvolvimento vegetativo, menor incidência de doenças e entrada em sangria precocemente. Deste modo, a tendência esperada é de se obter maior produção individual por seringueira, ou seja, acima de 5,0 kg de borracha seca por planta por ano. Adicionalmente, na fase inicial de crescimento, as seringueiras não terão a concorrência com plantas invasoras e não sofrerão com a ação dos ventos, dado a cobertura *bate-folha* e a proteção física da cultura do cacau (Figura 2), beneficiando-se também de todas as práticas culturais dispensadas aos cacaueiros adultos.

Uso e manejo de leguminosa como adubo verde

O sistema contínuo contempla o uso de plantas fixadoras de nitrogênio atmosférico, como um

componente econômico-ecológico apropriado, a fim de promover o aumento da produtividade sem aumentar os custos de produção. Ressalta-se que as pesquisas nessa área concentram-se em identificar as melhores espécies para essa finalidade. Diversos autores têm caracterizado o comportamento de espécies de leguminosas herbáceas, arbustivas e arbóreas (Franco e Campello, 2005; Döbereiner, Urquiaga e Boddey, 1995; Blevins, Herbek e Frye, 1990). Esses estudos mostram o potencial, a capacidade de produzir biomassa vegetal, os nutrientes nelas contidos e a velocidade em que esses nutrientes estarão disponíveis para as culturas associadas, assim como, a sua capacidade de rebrotar após as podas sucessivas (Silva et al., 2006). As espécies que potencialmente apresentarem: bom crescimento vegetativo e maior produção de biomassa, maior concentração de nutrientes, em especial nitrogênio e fósforo, boa penetração das raízes, alta capacidade simbiótica com fungos micorrízicos ou bactérias diazotróficas e, principalmente, boa capacidade de rebrota, serão as mais credenciadas para o uso como adubo verde (Silva et al., 2006).

É importante ressaltar que, apesar de destacarem-se pela capacidade de fixar nitrogênio atmosférico, as eritrinas no estágio atual de desenvolvimento não oferecem nenhuma facilidade de manejo. A sua poda, como mencionado anteriormente, é difícil, dispendiosa e oferece riscos na sua execução. Assim, para dar maior sustentabilidade ao sistema contínuo está previsto a introdução da gliricídia (*Gliricidia sepium*), uma leguminosa de muito mais fácil manejo, que se destaca por propiciar sombra de qualidade e grande quantidade de biomassa que pode ser utilizada como adubo verde para as culturas associadas (Corrêa et al., 2004). Trata-se de uma planta fixadora de nitrogênio atmosférico, que pode ainda contribuir com a ciclagem de outros nutrientes essenciais, como fósforo, potássio, cálcio e magnésio (Campello et al., 2006). Esses nutrientes são fornecidos pela biomassa vegetal produzida pelas podas anuais de rotina, minimizando as necessidades de ingresso de insumos através de fertilização e maximizando a eficiência deles, possibilitando com isso uma acentuada redução dos custos de produção e do seu potencial de poluição do solo (Gama-Rodrigues, 2004).

Para tornar o sistema contínuo ainda mais eficiente, é preciso que além de uma leguminosa de rápida

decomposição e alta taxa de liberação de nutrientes, como a gliricídia, sejam também utilizadas outras espécies. Estas devem apresentar taxas mais lentas de decomposição e liberação de nutrientes, a exemplo de *Inga edulis*, *Acacia holosericea* e *A. auriculiformis*, garantindo com isso uma fonte importante e contínua de liberação de nutrientes no solo (Luizão et al., 2006). Portanto, a escolha das leguminosas deve ser feita com base nesses processos para melhor planejar as podas de rotina, que devem coincidir com o período de máxima absorção das culturas de valor econômico. Esta prática de manejo é essencial para que sistemas agroflorestais atinjam rapidamente equilíbrio na ciclagem de nutrientes e, assim, desenvolver uma maior biomassa e maior produtividade econômica (Gallardo-Ordinola, 1999; Silva et al., 2006).

A Figura 7 exemplifica a forma de utilização e introdução de gliricídia no sistema contínuo. Entretanto, em áreas com maior densidade de eritrinas e excessivamente sombreadas, em que certamente há maior ocorrência de falhas, o plantio do sombreamento provisório pode anteceder as operações de retirada das eritrinas. Esta prática visa proteger os cacaueiros remanescentes, favorecendo o seu desenvolvimento. Neste caso específico, sugere-se também o plantio de bananeiras em fileiras simples e espaçadas de 3,0 em 3,0 m nas entrelinhas dos cacaueiros.

Resultados iniciais da pesquisa

Estudo de caso 1 - Substituição das eritrinas (*cacau-eritrina*), na Quadra E, Campo experimental do CEPEC, Ilhéus, BA

Pesquisas iniciadas na região tradicional do cacau em 2004, Ilhéus, BA (Figura 8A), avaliando o crescimento e desenvolvimento vegetativo da seringueira (clone SIAL 893) e de essências florestais como claraíba (*Cordia trichotoma*), teca (*Tectona grandis*) e mogno (*Swietenia macrophylla*) como árvores de sombra em substituição das eritrinas, mostraram que no caso da seringueira não houve diferença estatística entre os tratamentos, mas as fileiras de seringueira espaçadas de 12,0 m em 12,0 m apresentaram as maiores médias de perímetro do tronco



Figura 8. Seringal formado nas entrelinhas de cacaueiros adultos, em substituição das eritrinas (cacau-eritrina), no campo experimental do CEPEC (A) e na Fazenda Porto Seguro (B), Ilhéus, BA.

nas duas alturas de tomada dos dados (0,50 e 1,50 m do solo), aos dois anos de idade. Observou-se também que as plantas quando orientadas no sentido Leste-Oeste tiveram as maiores médias para esta variável (Tabela 2). Com relação às essências, não se observou diferença entre a claraíba e a teca no primeiro ano de idade, mas estas foram significativamente superiores ao mogno. As médias observadas nas essências florestais foram maiores do que as observadas para a seringueira, evidenciando maiores taxas de crescimento anual.

Foram também avaliadas a produtividade de dois ciclos de milho (cultivo anual) plantados em meio aos cacaueiros adultos e o novo sombreamento. As médias de produção estiveram acima de 2.900 kg por hectare,

valor próximo da média nacional de 3.600 kg por hectare, agregando receitas na fase inicial de implantação do sistema. O milho é uma cultura intercalar que deve ser considerada neste sistema contínuo por apresentar produtividade satisfatória, mesmo em baixa densidade de plantio. Embora preliminares, os resultados mostraram que o sentido de plantio Leste-Oeste, das fileiras de seringueira e das essências florestais, tem influência nos seus desenvolvimentos.

Estudo de caso 2 - Substituição da eritrina (cacau-eritrina), na Quadra 1, Fazenda Porto Seguro, Ilhéus, BA

Outro experimento foi instalado em 2008, em área comercial formada em sua quase totalidade por cacaueiros renovados da variedade clonal PS 13.19 (1,0 ha) na Fazenda Porto Seguro, município de Ilhéus, BA, em Latossolo Vermelho-Amarelo (Figura 8B). Foram utilizadas mudas de seringueira do clone SIAL 1005. As mudas foram preparadas em sacos de plásticos (9 kg de terriço), com dois lançamentos foliares maduros. Neste ensaio adotou-se o delineamento inteiramente casualizado, com três tratamentos e nove repetições, para avaliar o desempenho do novo componente arbóreo. As mudas foram introduzidas em fileiras simples, nas entrelinhas dos cacaueiros (3,0 m x 3,0 m), nos espaçamentos de 15,0 m x 2,0 m (330 plantas por hectare), 15,0 m x 2,5 m

Tabela 2 - Resumo da análise de variância dos dados de perímetro do tronco (PT) do clone SIAL 893, Ilhéus, BA

Fonte de Variação	GL	Quadrados médios	
		PT (0,50 m)	PT (0,50 m)
Bloco	2	11.816	6.674
Espaçamento	7	0.882	0.642
Sentido do plantio	1	15.882*	3.799
Espaçamento x sentido	7	2.052	1.018
Resíduo	19	0.805	0.593
Total	36		
CV (%)	-	8.73	8.72

* significativo pelo teste F, a 5% de probabilidade.

(267 plantas por hectare) e 15,0 m x 3,0 m (222 plantas por hectare), orientadas no sentido Leste-Oeste, intercaladas entre cinco fileiras de cacaueiros (Figura 7). O manejo da área vem sendo feito com base nas recomendações preconizadas pela CEPLAC e o manejo da copa da seringueira segue a metodologia descrita por Marques et al. (2012). A partir do terceiro ano de implantadas, dados de vigor foram coletados através da medida do perímetro do tronco à altura de 1,30 m e 1,50 m do solo. Efetuou-se a interpretação mediante análises de variância usando um programa de computador (SAEG) e os resultados dessas análises estão apresentados na Tabela 3. Não houve diferenças estatísticas significativas com respeito aos três espaçamentos testados ($p = 0.2892$), ao nível de 5%, para as medidas de perímetros tomadas às duas alturas do tronco. Resultados esperados, até porque as seringueiras ainda se encontram em fase inicial de crescimento, razão pela qual os efeitos devido à competição entre as seringueiras, cacaueiros adultos e eritrinas remanescentes ainda não foram verificados. Embora o perímetro do tronco tenha variado pouco entre os espaçamentos testados, observou-se tendência de maior crescimento nas fileiras de seringueiras espaçadas de 2,5 m em 2,5 m.

Observa-se ainda na Tabela 3 que a amplitude de variação entre os incrementos do perímetro do tronco registrados nos três primeiros anos é pequena, ou seja, de 7,54 a 8,18 cm ao ano, com referência as duas alturas de tomada de dados. Portanto, se as seringueiras mantiverem essa tendência de crescimento atingirão as dimensões exigidas à entrada em sangria com pouco mais de seis anos de campo. Uma provável explicação para esse desempenho é que as seringueiras foram introduzidas em uma área excessivamente

sombreada por eritrinas. Adicionalmente, essas plantas de porte avantajado foram mantidas por mais tempo do que o previsto, reduzindo a entrada de luz e, por conseguinte, causando estiolamento das plantas de seringueira. Espera-se que o incremento do tronco seja maior do que o observado, quando forem eliminadas as eritrinas do interior da área. As seringueiras se beneficiarão do manejo *bate-folha* do sistema anterior de uso da terra (*cacau-eritrina*) e do efeito residual dos fertilizantes dispensados aos cacaueiros safreiros por anos e anos. Isso certamente proporcionará maior desenvolvimento e, conseqüentemente, redução no período de imaturidade das seringueiras. Mesmo tratando-se de resultados preliminares, estes são bastante promissores e evidenciam que as taxas de incremento do tronco estão acima daquelas observados para outras regiões tradicionalmente produtoras de borracha (Gonçalves et al., 2001; Benesi, 1999). Sem dúvida, a eliminação tardia das eritrinas influenciou negativamente no crescimento e desenvolvimento em vigor das plantas de seringueira.

Outro aspecto bastante relevante observado nessa pesquisa é que não foi constatado qualquer ataque do mal-das-folhas (*Microcyclus ulei*) e nem tampouco da requeima (*Phytophthora* spp.), causando danos às plantas do clone SIAL 1005, apesar da grande quantidade de inóculo existente tanto no experimento, como nos plantios de cacaueiros no entorno da área. Este fato pode ser atribuído, em grande parte, ao manejo dispensado na formação e elevação da copa das seringueiras bem acima das dos cacaueiros, propiciando uma melhor condição ambiental para o sistema como um todo, mesmo sabendo-se que às condições climáticas locais são altamente favoráveis à ocorrência dessas graves enfermidades.

Tabela 3. Valores médios do perímetro de tronco (PT) do clone SIAL 1005 e das taxas de incremento anual do PT, tomadas a duas alturas do solo, para as três opções de espaçamentos. Fazenda Porto Seguro, Ilhéus, BA

Espaçamento (tratamento)	Perímetro do tronco (PT)		Média do incremento anual (PT)	
	1,30 m	1,50 m	1,30 m	1,50 m
15,0 m x 2,0 m	23,1 ± 5,39	22,7 ± 5,32	7,70	7,56
15,0 m x 2,5 m	24,5 ± 4,92	24,1 ± 4,83	8,18	8,04
15,0 m x 3,0 m	23,1 ± 5,08	22,6 ± 5,05	7,68	7,54
Média Geral	23,4 ± 5,24	23,0 ± 5,18	7,85	7,71

Coefficiente de variação (CV%) = 23,6

Perspectivas e Considerações Finais

O Brasil já ocupou posição de destaque na produção de cacau e borracha natural. Ultimamente, essas duas monoculturas têm experimentado desafios de ordem econômica e fitossanitária o que têm diminuído a produção da Bahia colocando o Brasil fora do grupo de países exportadores. A instabilidade das monoculturas tem encorajado a diversificação e a adoção de sistemas agroflorestais (SAFs) que permitem a maximização do uso da terra pela utilização sustentável dos fatores de produção.

No cenário atual há forte tendência de crescimento de SAFs utilizando a seringueira como árvore de sombra para o cacau no Estado da Bahia. Acrescente-se que a existência de infraestrutura de processamento e beneficiamento na região sob estudo é condição muito conveniente para a recuperação desses agronegócios. Há extensas áreas de cacauais que necessitam de renovação e que reúnem condições favoráveis para a substituição de eritrinas por seringueiras.

A utilização da seringueira dá sustentabilidade econômica ao agronegócio cacau, pois além de proporcionar um sombreamento de qualidade, oferece a possibilidade de amortização dos custos iniciais de sua formação, até a produção de borracha ser alcançada. Isto em razão da receita gerada pela cultura do cacau já nos primeiros anos de implantação do sistema contínuo. Além disso, a região cacaueira baiana passa a contar com uma área significativa de cacauzeiros renovados sob a sombra de seringueiras, resultando em aumentos na produção, na rentabilidade da propriedade agrícola e na geração de emprego.

A adoção do sistema contínuo, em apenas 40% dos plantios de *cacau-eritrina*, implica expandir cerca de 80 mil hectares de novos seringais. Essa expansão significa quase triplicar a área atualmente plantada com seringueira no sul da Bahia, hoje em torno de 32 mil hectares, a um custo menor que o plantio em monocultura, além de não causar qualquer impacto ambiental. É esperada que a produtividade dos novos seringais seja superior à das monoculturas, pelo fato de serem estabelecidos em solos de maior fertilidade, melhor manejo e, sobretudo, com a utilização de variedades mais adaptadas, que reúnem

características de copa mais apropriadas ao plantio em SAF. Isto, certamente, contribuirá para o aumento da oferta de borracha natural, no Estado, aumentando as divisas e reduzindo a dependência pelo produto importado. Tal situação torna-se bastante alvissareira diante da perspectiva de aumento na demanda interna, que pode ser comprovada pelo crescimento do parque industrial baiano, assim como pela tendência dos principais países produtores priorizarem a exportação de produtos industrializados, restringindo a oferta de matéria-prima no mercado mundial.

Sabe-se que a heveicultura é uma forte absorvedora de mão de obra, pois emprega uma pessoa para cada quatro hectares plantados em monocultura (Pereira, 2008), ou seja, fixa mais homens no campo do que outras atividades agrícolas, pecuárias e florestais tradicionais que requisitam uma pessoa a cada dez hectares. Assim sendo, o plantio em sistema agroflorestal com cacauzeiro e outros componentes (leguminosas e bananeiras) demandará ainda mais força de trabalho, gerando mais empregos e benefícios para a região cacaueira baiana. Portanto, esse sistema é atraente também do ponto de vista social por fixar a mão de obra no local, contribuindo para diminuir o êxodo rural, reduzindo diretamente problemas sociais urbanos.

É importante ainda mencionar que tanto a seringueira como o cacauzeiro podem contribuir para a mitigação das mudanças climáticas globais, por possuírem grande capacidade de sequestrar carbono atmosférico e o armazenar em sua biomassa por longo tempo (Carmo, Manzatto e Alvarenga, 2007; Cotta, 2005), e no solo (Monroe et al., 2016), trazendo com isso melhorias na qualidade de vida regional. A seringueira, ainda por armazenar carbono na borracha explorada e da emissão evitada ao se utilizar a borracha natural em substituição à sintética (Jacovine et al., 2006), pode ser considerada uma forte candidata à geração de créditos de carbono (CERs). A inclusão das receitas geradas da venda dos CERs melhora o fluxo de caixa no período de imaturidade da cultura, contribuindo para solucionar a falta de recursos nesta fase, já que as primeiras receitas com a venda da borracha ocorrem, geralmente, a partir do sexto ano. E, ainda por apresentar vários benefícios ambientais e sociais, o sistema proposto contribui para o desenvolvimento sustentável da região cacaueira

baiana e se credencia como uma ótima opção para o seu financiamento via Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL).

A adoção dessas tecnologias e o apoio de políticas públicas com incentivos governamentais poderão proporcionar à Bahia posição de destaque na produção de cacau e borracha, podendo ser competitivos a nível nacional e internacional.

Agradecimentos

Os autores expressam agradecimentos aos pesquisadores: Raul René Melendez Valle pela revisão do artigo e Moacir Viana Junior pelo suporte no aprimoramento das figuras.

Literatura Citada

- ABEL, N.; BAXTER, J.; CAMPBELL, A. 1997. Design Principles for Farm Forestry: A guide to assist farmers to decide where to place trees and farm plantations on farms. RIRDC/LWRRRRDC/FWPRDC Joint Venture Agroforestry Program. Disponível em: <http://www.mtg.unimelb.edu.au/designbook.htm>.
- ALMEIDA, C. M. V. C. de. et al. 2013. Produtividade do cacauzeiro em sistema agroflorestal no município de Ouro Preto do Oeste, Rondônia, Brasil. *Agrotrópica (Brasil)* 25(1):11-16.
- ALVIM, P. de T. 1976. Cocoa research in Brazil. In: Simons, J. ed. *Cocoa production: economic and botanical perspectives*. Nova York, Praeger. pp.272-298.
- ALVIM, P. de T. 1977. Cacao. In: Alvim, P. de T.; Kozlowski, T. T. eds. *Ecophysiology of cacao crops*. New York, Academic Press. pp. 279-313.
- ALVIM, P. de T. 1989a. Tecnologias apropriadas para a agricultura nos trópicos úmidos. *Agrotrópica (Brasil)* 1(1):5-26.
- ALVIM, R. 1989b. O cacauzeiro (*Theobroma cacao* L.) em sistemas agrossilviculturais. *Agrotrópica (Brasil)* 1(2):89-103.
- ALVIM, R.; NAIR, P. K. R. 1986. Combination of cacao with other plantation crops. *An agroforestry sistem in southeast Bahia. Brazil. Agroforestry Systems* 4(1):3-15.
- ALVIM, R.; VIRGENS FILHO, A. de C.; ARAUJO, A. C. de. 1989. Agrossilvicultura como ciência de ganhar dinheiro com a terra: recuperação e remuneração antecipadas de capital no estabelecimento de culturas perenes arbóreas. Ilhéus, BA, CEPLAC/CEPEC. *Boletim Técnico* n. 161. 36p.
- BENESI, J. F. C. coord. 1999. A cultura da seringueira para o Estado de São Paulo. Campinas, SP. CATI. Manual n.72. 90p.
- BLEVINS, R. L.; HERBEK, J. H.; FRYE, W. W. 1990. Legume cover crops as a nitrogen source for no-till corn and grain sorghum. *Agronomy Journal* 82:769-772.
- CADIMA, Z. A.; ALVIM, P. de T. 1973. Algunos factores del suelo asociados con la productividad del cacaotero en Bahia, Brasil. *Revista Theobroma (Brasil)* 3:13-26.
- CAMPELLO, E. F. C. et al. 2006. Implantação e manejo de SAF'S na Mata Atlântica: A experiência da Embrapa Agrobiologia. *Sistemas agroflorestais: bases científicas para o desenvolvimento sustentável*. Campo dos Goytacazes, RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. pp.33-42.
- CARMO, do C. A. F. de S.; MANZATTO, C. V.; ALVARENGA, A. de P. 2007. Contribuição da seringueira para o sequestro de carbono. *Seringueira: novas tecnologias de produção. Informe Agropecuário (Brasil)* 28(237):24-31.
- CORRÊA, E. L. et al. 2004. Decomposição de folhas de gliricídia (*Gliricidia sepium*, Leg. Papilionoidea) em um modelo de sistema agroflorestal de Roraima. In: Congresso Brasileiro de Sistemas Agroflorestais, 5. Anais. SAFs: Desenvolvimento com proteção ambiental. Curitiba, PR, Embrapa Florestas. Documentos n. 98. pp.73-75.
- COSTA, L. C. B.; ALMEIDA, A. A. F.; VALLE, R. R. M. 2001. Gas Exchange, nitrate assimilation and dry-matter accumulation of *Theobroma cacao* seedlings submitted to different irradiances and nitrogen levels. *Journal Horticulture Science Biotechnology* 762:224-230.

- COTTA, M. K. 2005. Quantificação de biomassa e análise econômica do consórcio seringueira-cacau para geração de créditos de carbono. Dissertação Mestrado. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa. 89p.
- DUBOIS, J. C. L. 2013. A importância de espécies perenes de maior valor econômico em sistemas agroflorestais. In: Silva, I. C. Sistema agroflorestal: Conceitos e métodos. Itabuna, BA, SBSAF. pp.143-182.
- DUPRAZ, P.; LIFRAN, R. 1995. The economic complementarity of cocoa and coconut intercropping: asset strategies of smallholders in Malaysia and implications for cocoa supply. Cambridge (GBR) Woodhead Publishing Ltd. pp. 281-289.
- DÖBEREINER, J.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M. 1995. Alternativas for nitrogen nutrition of crops in tropical agricultura. Fertilizer Research 42:339-346.
- FERREE, D. C.; SCHUPP, J. R. 2003. Pruning and training physiology. In: Ferree, D. C.; Warrington, I. J. Apples: botany, production and uses. London, CABI. pp. 319-344.
- FRANCO, A. A.; CAMPELLO, E. F. C. 2005. Manejo integrado na recuperação de áreas degradadas e na sustentabilidade de sistemas produtivos utilizando a fixação biológica de nitrogênio como fonte de nitrogênio. In: Aquino, A. M. de; Assis, R. L. de. eds. Processos biológicos no sistema solo-planta: Ferramentas para uma agricultura sustentável. Brasília, DF, Embrapa Informações Tecnológicas. pp.201-220.
- GALLARDO-ORDINOLA, J. L. E. 1999. Produção e qualidade de litorina em sistemas agroflorestais e seus efeitos sobre as propriedades químicas do solo. Dissertação Mestrado. Manaus, AM, INPA. 97p.
- GAMA-RODRIGUES, A. C.; CADIMA, Z. A. 1991. Efeitos de fertilização sobre o sistema radicular de cacau em solos de "tabuleiros" del sul de Bahia, Brasil. Turrialba (Costa Rica) 41:598-606.
- GAMA-RODRIGUES, A. C. da. 2004. Ciclagem de nutrientes em sistemas agroflorestais na região tropical: funcionalidade e sustentabilidade. In: Sistemas agroflorestais, tendência da agricultura ecológica nos trópicos: Sustento da vida e sustento de vida. pp. 67-87.
- GONÇALVES, P. de S.; MARQUES, J. R. B. 2014. Melhoramento genético da seringueira: passado, presente e futuro. In: Alvarenga, A. de P.; Carmo, C. A. F. de S. do coords. Seringueira. 2.ed. Viçosa, MG, EPAMIG Zona da Mata. pp.489-594
- GONÇALVES, P. de S. et al. 2001. Manual de heveicultura para o Estado de São Paulo. Campinas, SP, Instituto Agrônômico. 78p.
- GÖTSCH, E. 1995. Break-through in agriculture. Rio de Janeiro, RJ, AS-PTA. 22p.
- HILL, P. 1999. Cacau acabou. Crisis and change in the Bahian cacao economy. 199p.
- INÁCIO, E. dos S. B. et al. 2005. Erosão hídrica em agrofloresta na região Sul da Bahia. Revista Bahia Agrícola (Brasil) 7(1):75-78.
- INSTITUT DE RECHERCHES DU CAFÉ ET DU CACAO. 1983. Problèmes posés par l'ombrage du cacao: évolution des techniques culturales traditionnelles. In Institut de Recherches du Café et du Cacao, 25^e anniversaire 1958-1982. Paris. pp.79-80
- JOCOVINE, L. A. G. et al. 2006. A seringueira no contexto das negociações sobre mudanças climáticas globais. Sequestro de carbono: quantificação em seringais de cultivo e na vegetação natural. Viçosa, MG. pp.1-41.
- KRONKA, F. J. do N. 2014. Propriedade técnicas e utilização da madeira. Seringueira. In: Alvarenga, A. de P.; Carmo, C. A. F. de S. do coords. 2.ed. Viçosa, MG, EPAMIG Zona da Mata. pp.843-896.
- LOBÃO, D. E. et al. 2012. V. Cacau cabruca- sistema agrossilvicultural tropical. In: Valle, R. R. Ciência, tecnologia e manejo do cacaueiro. 2. ed. Brasília, DF. pp.437-465.
- LOBÃO, D. E.; SETENTA, W. C.; VALLE, R. R. M. 2004. Sistema agrossilvicultural cacaueiro - modelo de agricultura sustentável. Agrossilvicultura (Brasil) 1(2):163-173.

- LORENZI, H. 1998. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivos de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa, SP, Editora Plantarum, 360p. v.II.
- LUIZÃO F. J. et al. 2006. Ciclos Bioquímicos em agroflorestas na Amazônia. In: Sistemas agroflorestais: bases científicas para o desenvolvimento sustentável. Campo dos Goytacazes, RJ. pp. 87-100.
- MARQUES, J. R. B. et al. 2003. Substituição da Eritrina por outras espécies arbóreas de valor econômico - Um enfoque sustentável de modernização agrícola. In: Semana do Fazendeiro 25ª. Uruçuca/BA. Agenda Técnica - Produzir, alimentar, vender e conservar. Uruçuca, BA, CEPLAC/EMARC. pp.143-147.
- MARQUES, J. R. B. et al. 2007. Propostas de substituição do sombreamento em plantios de cacau - eritrinas pelas seringueiras, em um sistema agroflorestal. In: International Cocoa Research Conference, 15, São José, Costa Rica, 2006. Lagos, Nigeria, Cocoa Producer's Alliance. pp.679-686. v.I.
- MARQUES, J. R. B.; MONTEIRO, W. R. 2007. Melhoramento genético da seringueira - Um enfoque sobre o desenvolvimento de clones com aptidão para uso em sistemas agroflorestais (SAF). Anais (recurso eletrônico) In: Congresso Brasileiro de Heveicultura, 1º. Anais. Guarapari, ES, INCAPER. CD Rom.
- MARQUES, J. R. B.; MONTEIRO, W. R. 2011. Seringueira: uma planta de usos múltiplos. LATEKS (Brasil) 14:50-54
- MARQUES, J. R. B. et al. 2012. O cultivo do cacau em sistemas agroflorestais com a seringueira. In: Valle, R. R. Ciência, tecnologia e manejo do cacau. 2 ed. Brasília, DF. pp.437-465.
- MARQUES, J. R. B.; MONTEIRO, W. R.; ABREU, A. E. 2014. Manejo da seringueira como árvore de sombra em sistemas agroflorestais (SAFs) com o cacau. LATEKS (Brasil) 22:50-54.
- MARQUES, J. R. B.; MANDARINO, E. P.; MONTEIRO, W. R. 2014. Sistema agroflorestal como alternativa sustentável de produção de cacau, borracha, madeira e alimentos para agricultura familiar na Região Cacaueira da Bahia. Agrotrópica (Brasil) 26(2):117-126.
- MARQUES, J. R. B. et al. 2015. Efeito do plantio direto, adubação verde e manejo de copa no crescimento e desenvolvimento vegetativo da seringueira em sistema agroflorestal com o cacau. Agrotrópica (Brasil) 27(1):45-58.
- MILLER, S. S.; TWORKOSKI, T. 2003. Regulating vegetative growth in deciduous fruit trees. Quarterly Reports on Plant Growth Regulation and Activities of the PGRSA 31(1):8-46.
- MIRANDA, E. M.; PEREIRA, R. C. A.; BERGO, C. L. 1999. Comportamento de seis linhagens de café (*Coffea arabica* L.) em condições de sombreamento e a pleno sol no Estado do Acre, Brasil. Ciência e Agrotecnologia (Brasil) 23(1):62-69.
- MONROE, P. H. M. et al. 2016. Soil carbon stocks and origin under different cacao agroforestry systems in Southern Bahia, Brazil. Agriculture Ecosystems and Environment 221:99-108.
- MONTAGNINI, F. et al. 1992. Sistemas agroflorestais: princípios y aplicaciones em los trópicos. 2. ed. San Jose, CR, Organizacion para Estudios Tropicales. 622p.
- MONTEIRO, W. R. et al. 2012. Renovação de cacaueiros na Bahia: Alternativas de uso de mudas. In: Valle, R. R. Ciência, tecnologia e manejo do cacau. 2. ed. Brasília, DF. pp. 377-391.
- MONTEIRO, W. R. et al. 2011. Manejo de cacaueiros seminais pela poda e correção do sombreamento permanente. Ilhéus, BA, CEPLAC/CEPEC. Boletim Técnico nº 201. 30p.
- MORAES, V. H. F. 1977. Rubber. In: Alvim, P. de T., Kolowski, T. T. eds. Ecophysiology of tropical crops. New York, Academic Press. pp.315-331.
- MÜLLER, W. M.; ALMEIDA, M. C. V. de; SENA-GOMES, A. R. 2004. Sistemas agroflorestais com cacau como exploração sustentável dos biomas tropicais. In Sistemas agroflorestais, tendência da agricultura ecológica nos trópicos: Sustento da vida e sustento de vida. pp. 160-180.
- MÜLLER, M. W.; VALLE, R. R. M. 2012. Ecofisiologia do cultivo do cacau. In: Valle,

- R. R. M. Ciência, tecnologia e manejo do cacauero. 2 ed. Brasília, DF. pp. 31-66.
- NAIR, P. K. R. 1993. Introduction to agro forestry. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers. 499p.
- NASCIMENTO, F. R. 1994. A crise da lavoura cacauera: sua natureza e soluções - uma análise das possibilidades do cacau. Brasília, DF, IPEA. Estudos de Política Agrícola n. 26. 227p. (Projeto PNUD/BRA/91/014, Documentos de trabalho).
- OLIVEIRA, A. D. et al. 1996. Análise econômica de um sistema Agro-silvo-pastoril-rotativo com Eucalyptus. In: Simpósio Internacional Sobre Ecosistemas Florestais, 4. Belo Horizonte. Resumos. Belo Horizonte, MG. pp.91.
- ORGANIZACIÓN PARA ESTUDIOS TROPICALES/CATIE. 1986. Sistemas Agroforestales: principios y aplicaciones en los trópicos. San Jose, CR, OTS/CATIE. 818p.
- PEREIRA, J. L.; VALLE, R. R. M. 2012. Manejo integrado da vassoura-de-bruxa do cacauero. In: Valle, R.R. Ciência tecnologia e manejo do cacauero. 2 ed. Brasília, DF. pp. 357-376.
- PEREIRA, A. V. et al. 1997. Seringueira em Sistemas agroflorestais. Planaltina, DF, Embrapa CPAC. Documentos n. 63. 45p.
- PEREIRA, A. V. et al. 1998. Sistemas agroflorestais de seringueira com cafeeiro. Planaltina, DF, EMBRAPA-CPAC. Documentos n.70. 77p.
- PEREIRA, J. da P. 2008. Formação de seringais. In: Seringueira. Viçosa, MG, EPAMIG. pp. 345-369.
- PEREIRA, J. da P.; LEAL, A. C.; RAMOS, A. L. M. 2006. Sistemas agroflorestais com seringueira. Sistemas agroflorestais: bases científicas para o desenvolvimento sustentável. Campo dos Goytacazes, RJ. pp. 141-158.
- REIS, H. A.; MAGALHÃES, L. L. de. 2006. Agrossilvicultura no cerrado - região noroeste do Estado de Minas Gerais. In: Sistemas agroflorestais: bases científicas para o desenvolvimento sustentável. Campo dos Goytacazes, RJ. pp.177-187.
- SAATCHI, S. et al. 2001. Examining fragmentation and loss of primary Forest in the southern bahian Atlantic Forest of Brazil with radar imagery. Conservation Biology 15(4):867-875.
- SAMBUICHI, R. H. R.; HARIDASAN, M. 2004. O consórcio cacau-floresta e a conservação de árvores nativas de grande porte na região sul da Bahia. In: Congresso Brasileiro de Sistemas Agroflorestais, 5. Anais. SAFs: Desenvolvimento com proteção ambiental. Curitiba, PR, Embrapa Florestas. Documentos n. 98. pp.377-379.
- SANTANA, M. B. M.; CABALA-ROSAND, P. 1985. Reciclagem de nutrientes em uma plantação de cacau sombreado com eritrina. In: Conference Internacional sur la Recherche Cacayere, 9, Lomé, 1984. Actes. Lagos, Cocoa Producers' Alliance. pp.205 -210.
- SCHUPP, J. R.; FERREE, D. C. 1988. Effects of root pruning at four levels of severity on growth and yield of 'Melrose'/M.26 apple trees. Journal of American Society for Horticultural Science 113(2):194-198.
- SILVA, I. C. 2013. Sistemas agroflorestais: Conceitos e métodos. Itabuna, BA, SBSAF. 308p.
- SILVA, G. T. A. et al. 2006. Importância da fixação biológica de nitrogênio na sustentabilidade de sistemas agroflorestais. Sistemas agroflorestais: Bases científicas para o desenvolvimento sustentável. Campo dos Goytacazes, RJ. pp.257-273.
- SILVA, W. S.; KUMMEROW, J. 1998. Fine-root growth and longevity in a cacao (*Theobroma cacao* L.) plantation. Agrotrópica (Brasil) 10(1):31-34
- VALE, R. S. do et al. 2006. Sistemas agroflorestais. Sequestro de Carbono: quantificação em seringais de cultivo e na vegetação natural. Viçosa, MG, pp. 215-256.
- VEIGA, J. B. da; TOURRAND, J. F. 2004. Potencial e adoção de sistemas silvipastoris na Amazônia oriental. In: Müller, M. W.; Gama-rodrigues, A. C.; Brandão, I. C. F. L.; Seródio, M. H. C. F. eds. Sistemas agroflorestais, tendência da agricultura ecológica nos trópicos: Sustento da vida e sustento de vida. Ilhéus, BA, SBSAF/ CEPLAC/ UENF. pp.107-124.

- VELASCO, E. P.; LOZANO, J. M. 1979. Cambios sinecológicos de la Microflora Telúrica Asociados a las Repoblaciones Florestales com Especies Exoticas. *Anales de Edafologia y Agrobiologia* 37:871-878.
- VINHA, S. G.; SILVA, L. A. M. 1982. Árvores aproveitadas como sombreadoras de cacaueiros no sul da Bahia e norte do Espírito Santo. Ilhéus, BA, CEPLAC. 136p.
- WESSEL, M. 1985. Shade and nutrition. In: Interamerican Institute of Agricultural Sciences: Cacao Manual. Turrialba, Costa Rica. pp.167-194.
-

INFLUENCE OF ENVIRONMENTAL FACTORS ON CACAO BIOMETRIC ATTRIBUTES

Guilherme Amorim Homem de Abreu Loureiro^{1,2}, Quintino Reis de Araujo^{1,2}, Raul René Valle^{1,2}, George Andrade Sodré^{1,2}, Lindolfo P. Santos Filho¹, Sérgio J. R. Oliveira², Paulo A. S. Dantas¹, Lícia R. Couto¹, Matheus R. Lopes¹

¹Cocoa Research Center (CEPEC/CEPLAC), 45600-970 - Ilhéus, Bahia, Brazil. gahal.85@gmail.com; ²State University of Santa Cruz (UESC), 45662-000 - Ilhéus, Bahia, Brazil.

This study aimed to investigate the influence of different sites of cacao (*Theobroma cacao* L.) cultivation, represented by different soils and cropping systems, on biometrics attributes of pods and beans. The 12 study sites are in the cacao region of Bahia, Brazil, in the humid zone. The variation and the statistical differences between the means of these attributes clearly indicate the influence of genotype and environment interaction. Attributes pod wet biomass, beans with mucilage wet biomass and number of beans were positively correlated with the cultivation sites represented by Argisol Red-Yellow Eutrophic cambisolic and Argisol Red-Yellow Dystrophic Cohesive abrupt soils. The highest values of length and dry weight of dry cacao beans correspond to Argisol Red-Yellow Eutrophic cambisolic. The dystrophic soils are related to lower dry weight values of cacao beans. The selection of cacao cropping sites by biometric attributes also highlighted the Argisol Red-Yellow Eutrophic cambisolic and Argisol Red-Yellow Dystrophic Cohesive abrupt soils. Understanding the variability of cacao biometric attributes emphasizes the importance of using technologies for achieving sustainable production of cacao with quality.

Key words: *Theobroma cacao* L., plant biometrics, post-harvest, cacao quality.

Influência de fatores ambientais sobre atributos biométricos do cacau. Este estudo teve como objetivo investigar a influência de diferentes locais de cultivo de cacau (*Theobroma cacao* L.), representados por solos e diferentes sistemas de cultivo, sobre atributos biométricos de frutos e amêndoas. Os 12 locais de estudo estão na região cacaueira da Bahia, Brasil, na zona úmida. A variação e as diferenças estatísticas entre as médias destes atributos indicam claramente a influência da interação genótipo e ambiente. Os atributos biomassa úmida de frutos, biomassa úmida de amêndoas com mucilagem e número de amêndoas foram positivamente correlacionados com os locais de cultivo representados pelos solos Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico cambissólico e Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico coeso abrupto. Os maiores valores de comprimento e peso seco de amêndoas de cacau correspondem ao Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico cambissólico. Os solos distróficos estão relacionados com menores valores de peso seco de amêndoa de cacau. A seleção de locais de cultivo de cacau por atributos biométricos também destacou o Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico cambissólico e Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico coeso abrupto. A compreensão sobre a variabilidade de atributos biométricos do cacau enfatiza a importância do uso de tecnologias para uma produção sustentável do cacau de qualidade.

Palavras-chave: *Theobroma cacao* L., biometria de plantas, pós-colheita, qualidade do cacau.

Introduction

Cacao (*Theobroma cacao* L.) is a tropical species whose agricultural production directly involves approximately six million people (FAO, 2003). Cacao beans are the main raw material for the manufacture of chocolate (Beckett, 2009). However, cacao is still produced by small farmers with a daily income equivalent to US \$ 1.25, below the absolute poverty line (Cocoa Barometer, 2015). To reverse this panorama is primarily needed to invest in agricultural education and finance projects that enable producers to add value to the crop. In this actions it is important the joint engagement of cacao science and governmental institutions. For example, among current technological and environmental challenges facing the world cacao production (FAO, 2003; WCF, 2014) can be cited: increased production and productivity by deployment of higher yielding and tolerant cultivars of the main diseases and pests (Pereira, 2001; Ayestas et al., 2013; Dias, 2001; Lopes et al., 2011; Monteiro & Ahnert, 2012; Muniz et al., 2013), phytotechnical use of technology and agricultural mechanization in the stages of planting, pruning, harvesting and post-harvest processing (Adzimah; Asiam, 2010; Bentley et al., 2004; Caires et al., 2014; Icco, 2009; Somarriba, 2004; Wood & Lass, 1985), irrigation (Carr & Lockwood, 2011), the use of crop residues (Sodré et al., 2012), intercropping (Icco, 2010; Müller & Gama-Rodrigues, 2012; Ruf, 2015), and quality certifications related to environmental services and the nutritional quality of the produced beans (Afoakwa, 2010; Amores et al., 2009; Badrie et al., 2015; Jacobi et al., 2015; Obeng & Aguilar, 2015).

In this technological context, biometric characterization of pods and cacao beans is important for studies of production and productivity of the crop and may contribute to the selection of genetic materials with better agricultural performance (Alexandre et al., 2015; Dias & Resende, 2001; Kobayashi et al., 2001). The high genetic variability in cacao requires these agronomic components in assessment strategies that should be considered by breeding programs (Lopes et al., 2011).

Cacao genotypes tolerant to witches' broom, disease caused by the fungus *Moniliophthora perniciosa* (Stahel) Aime & Phillips-Mora, have been propagated as the main strategy to control the disease

(Pereira, 2001; Lopes et al., 2011; Monteiro & Ahnert, 2012). This research is based on Porto Híbrido 16 (PH-16), a clonal variety selected from a population of interclonal crosses between cacao trees of the Forastero (Amazon) and Trinitario groups (whose parents are unknown), located at Porto Híbrido farm in São José da Vitória, Bahia, Brazil (Moreau Cruz et al., 2013).

The objective of this study was to investigate the influence of different sites, represented by different soils and cropping systems on biometrics attributes of pods and cacao beans.

Materials and Methods

Sites

The 12 study sites are located in the cacao region of Bahia (Table 1) in the humid zone, according to the climatic classification of Thornthwaite: B4r A', B3r A', B2r A', B2r B', B1r A', B1r' A', B1w A' (SEI, 2014). These sites (Table 1), are cultivated with PH-16 under different cropping systems, different averages density of shade trees per hectare in different soils according to the Brazilian System of Soil Classification (SiBCS) (2006) and its correspondence in Soil Survey Staff (2006) (Figure 1; Table 1).

Soil and cacao pods sampling

Soil is the factor that stratifies the environment of the sample source and the experimental units are the cacao trees grafted with PH-16 from which pods were collected.

Each study site with approximately one hectare was divided into three collection areas, characterized by the same soil and same cropping system (Table 2). Pods were collected at a distance of approximately 100 m from the soil identifying points for SiBCS (EMBRAPA, 2006) in the three collection areas (Table 2). Thus, the origin of each sample of pods and beans corresponds to a properly identified and classified soil in each study site, as shown in the example of Table 2.

The beans and beans mucilage were obtained from a composed sample of 50 mature pods (Table 2).

Cacao sampling occurred on November of 2008, during the second harvest period (August to January).

Table 1 - Summary information about the study sites (soils) cultivated with PH-16 cacao genotype in the cacao region of Bahia, Brazil

Site	Geographic Coordinates	City	Acronym of the SiBCS ¹	Soil Classification	Soil Taxonomy	Cropping Systems	Average density of shade trees/ha
1	13° 40' 30" S, 39° 14' 27" W	Nilo Peçanha	LAd cam	Latosol Yellow Dystrophic cambisolic	Hapludox	Cacao ² x Rubber Tree ³	150
2	13° 44' 38" S, 39° 30' 10" W	Gandú	PVAd	Argisol Red-Yellow Dystrophic tipic	Hapludult	Cacao ² x Erythrina ⁴	60
3	13° 45' 21" S, 39° 20' 25" W	Pirai do Norte	PVAd	Argisol Red-Yellow Dystrophic abrupt	Hapludult	Cabruca ⁵	60
4	13° 46' 07.0" S, 39° 17' 52.0" W	Ituberá	LAd	Latosol Yellow Dystrophic tipic	Typic Hapludox	Cacao ² x Rubber Tree ³	350
5	13° 51' 08" S, 39° 17' 54" W	Ituberá	LVAd	Latosol Red-Yellow Dystrophic tipic	Typic Hapludox	Cacao ² x Rubber Tree ³	400
6	14° 31' 14" S, 39° 15' 45" W	Uruçuca	PVAe cam	Argisol Red-Yellow Eutrophic cambisolic	Hapludalf	Cabruca ⁵	50
7	14° 51' 36" S, 39° 14' 42" W	Itabuna	CXd	Cambisol Haplic Dystrophic tipic	Dystropept	Cabruca ⁵	35
8	14° 51' 47" S, 39° 06' 47" W	Ilhéus	LVAd arg	Latosol Red-Yellow Dystrophic argisolic	Hapludox	Cabruca ⁵	70
9	15° 17' 04" S, 39° 28' 43" W	Arataca	PAd lat	Argisol Yellow Dystrophic latosolic	Hapludult	Cabruca ⁵	35
10	15° 23' 08" S, 39° 26' 04" W	Camacan	PVAd	Argisol Red-Yellow Dystrophic tipic	Hapludult	Cabruca ⁵	35
11	15° 23' 15.1" S, 39° 25' 48.6" W	Camacan	PVA ali	Argisol Red-Yellow Alitic tipic	Hapludult	Cabruca ⁵	35
12	16° 29' 02" S, 39° 23' 56" W	Porto Seguro	PVAd coe	Argisol Red-Yellow Dystrophic Cohesive abrupt	Hapludult	Cacao ² x Rubber Tree ³	400

¹SiBCS - Brazilian System of Soil Classification (EMBRAPA, 2006). ²*Theobroma cacao* L. ³*Hevea brasiliensis* (Willd. Ex Adr de Juss) Muell. Arg. ⁴*Erythrina fusca* Lour. ⁵Cabruca is an ecological system of agroforestry cultivation where cacao trees are grown under native trees of the Atlantic Forest of South of Bahia (Lobão et al., 2007).

Table 2 - Summary information of pods and cacao beans sampling

Site ¹	SiBCS ²	Cropping Systems	Collection Area (100 m radius)	Simple Sample		
				Pod ³ (Post-Harvest processing)	Pod ⁴ (biometrics)	Bean (biometrics)
1	LAd cam	Cacao x Rubber Tree	1	50	15	90
			2	50	15	90
			3	50	15	90
...	...	...	...	...	...	...
12	PVAd coe	Cacao x Rubber Tree	1	50	15	90
			2	50	15	90
			3	50	15	90

¹Site: area of approximately 1 hectare. ²SiBCS: Brazilian System of Soil Classification (EMBRAPA, 2006). ³Total number of pods used for cacao post-harvest processing. ⁴Number of pods used in biometric evaluation.

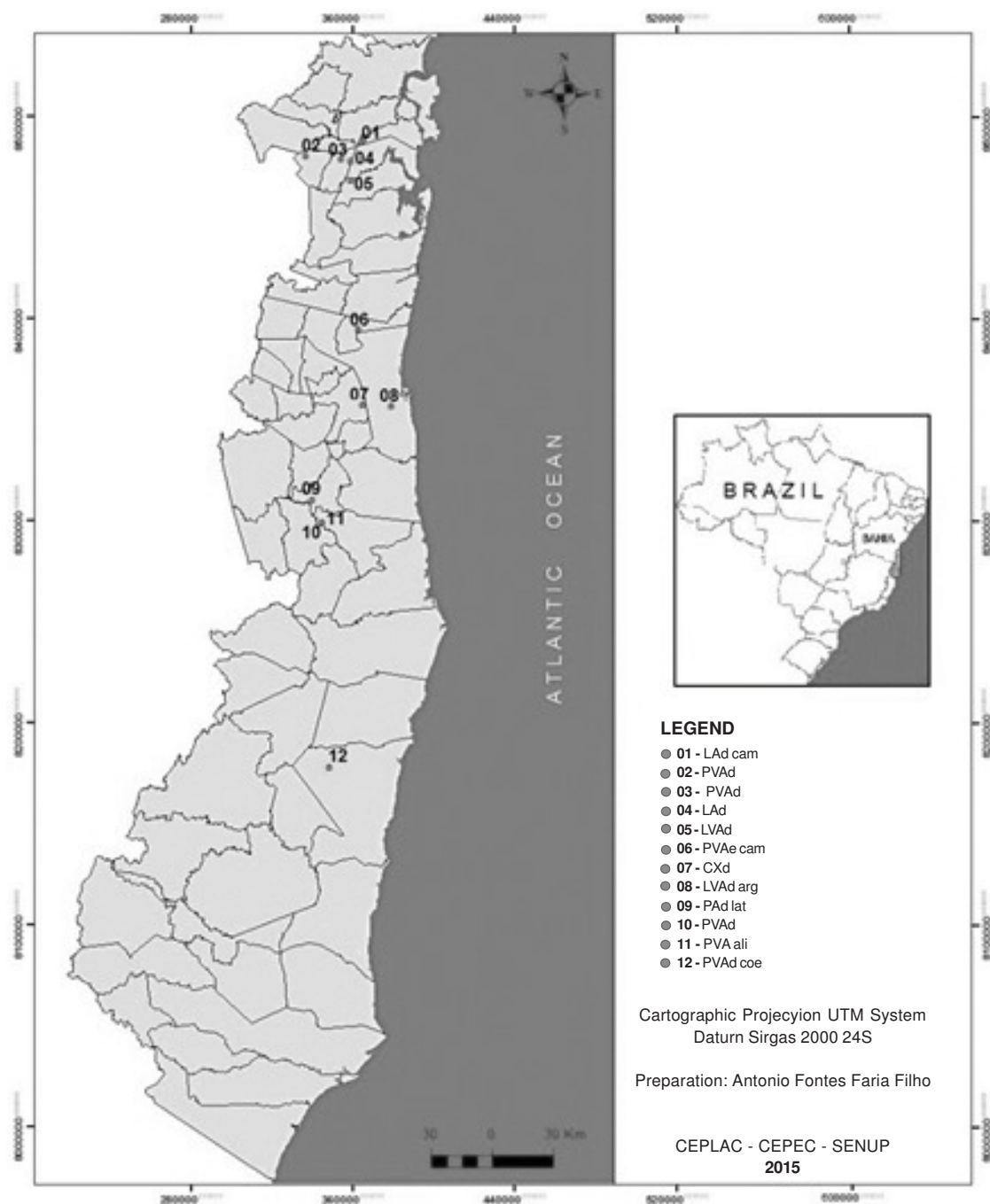


Figure 1 - Map with the geographic scope of the study sites, represented by 12 soils cultivated with PH-16 cacao genotype.

Biometric characterization of pods

15 pods chosen of the 50 pods collected were used to represent the three repetitions of each study site to make biometric characterization (Table 2). The attributes: number of beans per pod, pod wet biomass, husk wet biomass, content of pod (beans with mucilage and placenta) wet biomass were evaluated. The wet biomass was determined with a semi-analytical balance.

Biometric characterization of beans

The physical dimensions of length, width and thickness were determined with a digital pachymeter of 200 mm in the cacao beans.

The dry cacao beans weight from moisture between 6-7% was determined by semi-analytical balance.

The moisture content of cacao beans was determined gravimetrically, using an oven with air circulation at a temperature of 105°C to constant weight according to the AOAC method 977.10 (2005).

Statistical Analysis

Statistical procedures used in this study were performed in the R Core Team program (2013). Package 'stats': Shapiro-Wilks normality test, Bartlett homoscedasticity test (R Development Core Team, 2013). Package 'nortest': Kolmogorov-Smirnov normality test (Lilliefors correction) (Gross & Ligges, 2012). Package 'MASS': Box-Cox transformation (Ripley et al., 2015). Package 'ExpDes': Analysis of Variance (ANOVA) and Scott-Knott test (Ferreira, Cavalcanti, & Nogueira, 2013). Package 'Lattice': Graphics (Sarkar, 2015). Package 'bpca': Biplot applied to Principal Component Analysis (Faria et al., 2013).

Selection of sites by cacao biometric attributes

The scores and sums of scores to select the sites related to the best cacao production characteristics were obtained from the groups generated by multiple mean comparisons by the Scott-Knott test.

Results and Discussion

Pods biometrics

The mean pod wet biomass of 653 g found in this study (Table 3) was similar to the mean of 655.6 g observed in another study with the same cacao genotype (Moreau Cruz et al., 2013). The cacao pod

has many morphologically difference between genetic materials (Kobayashi et al., 2001). It is subjected to environmental influences and physiological changes during the various stages of growth and development, when changes occur in their biometric attributes (ALmeida & Dias, 2001; Britto and Silva, 1983; Lopes, 2000; Machado & Almeida, 1989). In this evaluation, it is hypothesized that the higher the wet biomass from ripe pod, the higher the increase in production associated with the weight of beans (Table 3).

In a study with the same clone, it was observed a mean cacao husk wet biomass value of 475.8 g (Moreau Cruz et al. 2013), lower than the mean value of 527 g found in this work (Table 3). Biometric attributes of the cacao husk are heavily influenced by physiological maturation processes and it is an important component of pod wet biomass (Britto & Silva, 1983; Machado & Almeida, 1989). Our work highlights the cacao bean wet biomass as an important production component in the biomass partitioning. This study highlights the group of lowest means of husk wet biomass (Table 3), because husk wet biomass is not considered a positive characteristic for post-harvest processing.

Pod wet biomass content has an overall mean of 121g (Table 3). In a study conducted with the same genotype (Moreau Cruz et al., 2013) there is no information about the pod wet biomass content of this component, however, adding the means of beans with mucilage (pulp) and placenta wet biomasses gives an approximate value of 175.4 g, nearly 30% higher than the value observed in this study (Table 3). It is considered that the highest cacao pod wet biomass content (Table 3) is associated with an increase in final weight of the dry beans. Cacao pod wet biomass is also related also with environmental conditions like rain, humidity and temperature (Britto & Silva, 1983).

In Argisol Red-Yellow Dystrophic Cohesive abrupt production of fresh beans was approximately twice the amount produced in LAd - Yellow Latosol dystrophic tipic (Table 3). This result suggests that the soil eutrophic character was responsible for the difference in production, but environmental factors are also important to define the productivity and quality of cacao beans (Britto & Silva, 1983; Dantas, 2011; Pinto, 2013).

It is observed that both ANOVA coefficients of variation for wet biomass attributes, pod, husk and content of pod (Table 3) are approximate values, which

Table 3 - Summary of analysis of variance, Scott-Knott test and descriptive analysis of the wet biomass of pod, husk and content of pod of PH-16 cacao clone

Source	DF	Pod	Husk ---- g ----	Content of Pod ¹
		Mean Square		
Soil ²	11	83255**	74593**	4399**
Error	168	19292	13704	678
Total	179			
CV (%)		21,2	22,2	21,5
Soil		Mean ± Standard Deviation (n = 15)		
01 LAd cam		681 ± 117 a	541 ± 105 a	134 ± 24 a
02 PVAd		720 ± 119 a	591 ± 116 a	126 ± 17 b
03 PVAd		573 ± 159 b	459 ± 136 b	108 ± 33 b
04 LAd		611 ± 102 b	520 ± 90 a	83 ± 16 c
05 LVAd		757 ± 185 a	621 ± 161 a	127 ± 32 a
06 PVAd cam		711 ± 152 a	555 ± 138 a	151 ± 19 a
07 CXd		674 ± 132 a	547 ± 11 a	123 ± 31 a
08 LVAd arg		535 ± 139 b	420 ± 127 b	109 ± 26 b
09 PAd lat		599 ± 147 b	467 ± 119 b	130 ± 34 a
10 PVAd		742 ± 152 a	631 ± 130 a	108 ± 26 b
11 PVA ali		673 ± 145 a	545 ± 128 a	124 ± 27 a
12 PVAd coe		564 ± 92 b	432 ± 77 b	128 ± 20 a
		Overall mean (n = 180)		
Minimum		310	240	53
Mean ± Standard Deviation		653 ± 152	527 ± 135	121 ± 30
Maximum		1060	950	192

¹Soil: 01 LAd cam - Latosol Yellow Dystrophic cambisolic, 02 PVAd - Argisol Red-Yellow Dystrophic tipic, 03 PVAd - Argisol Red-Yellow Dystrophic abrupt, 04 LAd - Latosol Yellow Dystrophic tipic, 05 LVAd - Latosol Red-Yellow Dystrophic tipic, 06 PVAd cam - Argisol Red-Yellow Eutrophic cambisolic, 07 CXd - Cambisol Haplic Dystrophic tipic, 08 LVAd arg - Latosol Red-Yellow Dystrophic argisolic, 09 PAd lat - Argisol Dystrophic latosolic, 10 PVAd - Argisol Red-Yellow Dystrophic tipic, 11 PVA ali - Argisol Red-Yellow Alitic tipic, 12 PVAd coe - Argisol Red-Yellow Dystrophic Cohesive abrupt. DF - Degrees of Freedom. CV - Coefficient of Variation. Significance levels by test F: (**) = 1% of error.

can display a standard for the variability of biometric attributes of PH-16.

The overall mean of the beans with mucilage wet biomass corresponds to 92 g (Table 4), lower than the mean of 148,4 g observed in another study with PH-16 (Moreau Cruz et al., 2013).

The variation of the beans with mucilage wet biomass (CV = 24.6%) (Table 4) can be related to biometrics and physiological differences of the pod at harvest, particularly related to the hydration and beans mucilage. The final weight of the dry cacao beans is related to wet biomass of in natura beans, being an important production component (Beckett, 2009; Britto and Silva, 1983; Engels et al., 1980; Lopes, 2000; Sánchez et al., 1996).

Placenta wet biomass content observed in this study corresponds to 29 g (Table 3) was higher than the mean value of 27 g for the same genotype (Moreau Cruz et al., 2013). For processing, the placenta is removed so that the beans are fermented with mucilage (Wood, 2001). This study highlights the group of lowest means of placenta wet biomass (Table 3), considering that the higher weight of placenta in natura suggests that the pods are not in the ripening ideal point to post-harvest process.

In the same cacao clone (Moreau Cruz et al., 2013) was observed an mean of 43 beans per pod, approximate value to the mean of 40 beans observed in this study (Table 4). This study highlights the group

Table 4 - Summary of analysis of variance, Scott-Knott test and descriptive analysis of the beans with mucilage and placenta wet biomass, and number of beans of PH-16 cacao clone

		Beans with mucilage ----- g -----	Placenta	Number of beans
		Mean Squared		
Soil ¹	11	4045**	165**	179**
Error	168	515	37	58
Total	179			
CV (%)		24,6	21,2	18,8
Soil ¹		Mean ± Standard Deviation (n = 15)		
01 LAd cam		105 ± 23 b	30 ± 4 a	42 ± 7 a
02 PVAd		95 ± 18 b	31 ± 5 a	39 ± 8 b
03 PVAd		82 ± 28 c	25 ± 7 b	38 ± 9 b
04 LAd		56 ± 15 d	27 ± 4 b	33 ± 8 b
05 LVAd		93 ± 27 b	33 ± 8 a	40 ± 7 b
06 PVAd cam		120 ± 15 a	31 ± 7 a	46 ± 4 a
07 CXd		95 ± 28 b	29 ± 6 a	40 ± 10 b
08 LVAd arg		86 ± 23 c	24 ± 7 b	41 ± 10 a
09 PAD lat		103 ± 28 b	26 ± 6 b	38 ± 8 b
10 PVAd		75 ± 21 c	33 ± 7 a	39 ± 9 b
11 PVA ali		96 ± 24 b	30 ± 6 a	40 ± 6 b
12 PVAd coe		104 ± 15 b	25 ± 5 b	47 ± 4 a
		Overall mean (n = 180)		
Minimum		30	13	18
Mean ± Standard Deviation		92 ± 27	29 ± 7	40 ± 8
Maximum		153	45	54

¹Soil: 01 LAd cam - Latosol Yellow Dystrophic cambisolic, 02 PVAd - Argisol Red-Yellow Dystrophic tipic, 03 PVAd - Argisol Red-Yellow Dystrophic abrupt, 04 LAd - Latosol Yellow Dystrophic tipic, 05 LVAd - Latosol Red-Yellow Dystrophic tipic, 06 PVAd cam - Argisol Red-Yellow Eutrophic cambisolic, 07 CXd - Cambisol Haplic Dystrophic tipic, 08 LVAd arg - Latosol Red-Yellow Dystrophic argisolic, 09 PAD lat - Argisol Dystrophic latosolic, 10 PVAd - Argisol Red-Yellow Dystrophic tipic, 11 PVA ali - Argisol Red-Yellow Alitic tipic, 12 PVAd coe - Argisol Red-Yellow Dystrophic Cohesive abrupt. DF - Degrees of Freedom. CV - Coefficient of Variation. Significance levels by test F: (**) = 1% of error.

of higher means of number of beans, because the number of beans is an important component of production used in cacao breeding (Beckett, 2009; Britto & Silva, 1983; Engels et al., 1980; Sánchez et al., 1996).

The statistical differences of the ANOVA F test showed a variation of around 20% between biometric variables of the PH-16 cacao clone as a function of cultivation sites represented by soil (Table 4). However, these statistical differences (Table 4) can be related to several factors that were not considered in this study, for example, pod yield per plant (nutrient partitioning and biomass), competition of light, water and nutrients between plants, plant age, fertility and soil management, disease and pest attacks, and other genetic, environmental and phytotechnical factors that

interfere with the physiological and cacao dendrometric characteristics (Almeida & Valle, 2007; Britto and Silva, 1983; Engels et al., 1980; Lopez Baez, 1995; Machado and Almeida, 1989; Sánchez et al., 1996).

Positive correlations between pod wet biomass and husk wet biomass ($r = 0.98$) (Figure 2A) and with the placenta wet biomass ($r = 0.98$) (Figure 2C) were found. A positive correlation between the pod wet biomass and content of pod wet biomass ($r = 0.58$) (Figure 2B) was also observed.

There is biological evidence that the husk wet biomass of PH-16 correspond to approximately 80% of the total pod wet biomass (Table 3). The high correlation between these attributes (Figure 2A) may indicate that both are subject to the same influence of

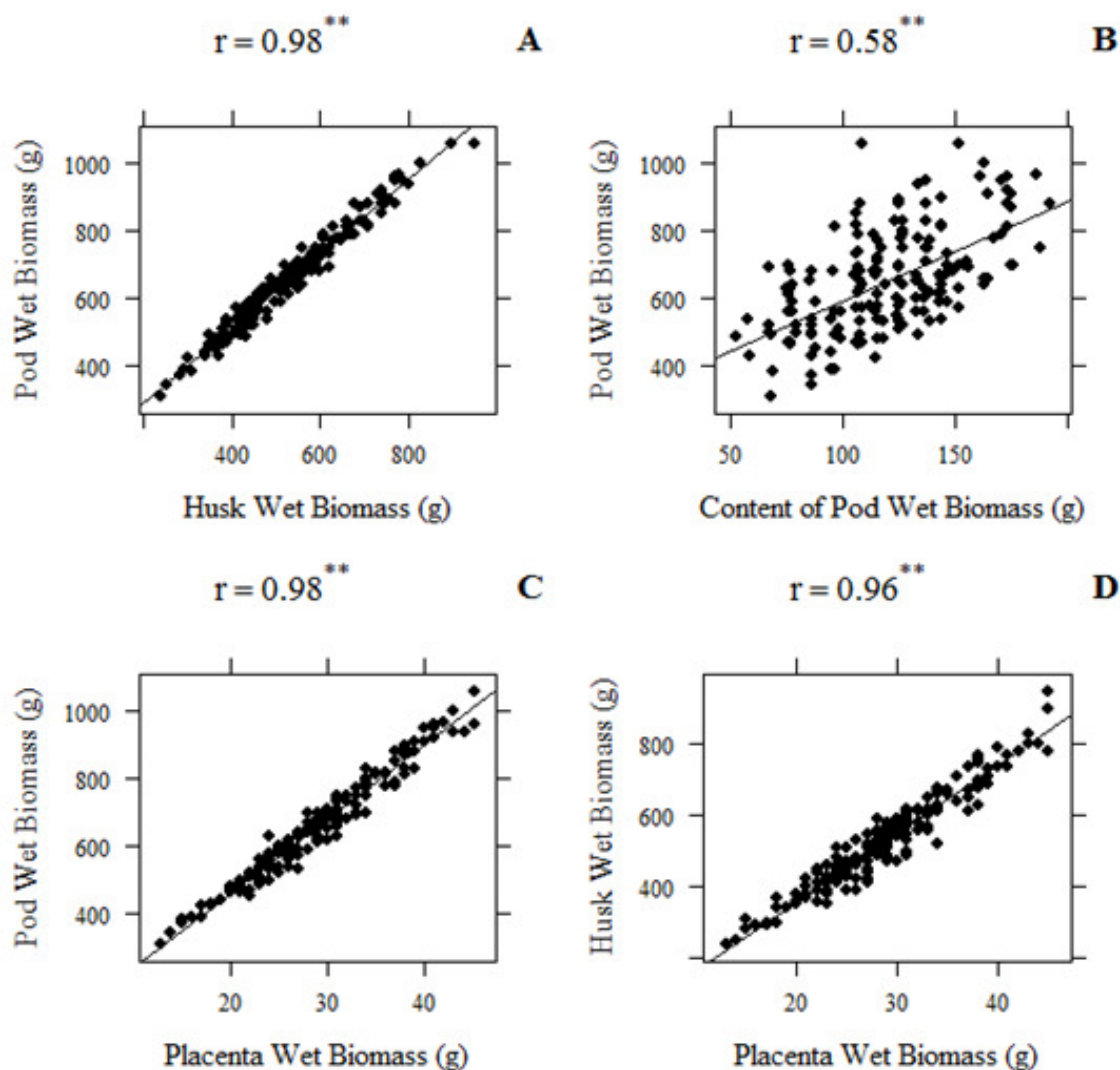


Figure 2 - Correlation between cacao pods biometrics attributes of PH-16 clone (r = Pearson correlation coefficient; ** Significance at 1% level; $n = 180$).

environmental factors related to the physiology of growth. This information is important for breeding and nutritional management of cacao trees, because they relate to the partition of nutrients and biomass. These biometric attributes may be decisive for the choice of genotypes with different agricultural potential, particularly regarding cacao quality.

The husk wet biomass also showed a positive correlation with placenta wet biomass ($r = 0.95$) (Figure 2D). With regard to partitioning of nutrients the husk has largely of the nutrients directed by cacao trees is growing of the pod, showing the large export of nutrients for this plant organ (drain) (Pinto, 2013; Sodr  et al., 2012). The placenta is the conductive part of

pod nutrients to the beans (Muniz et al., 2013), and a high correlation with the husk (Figure 2D) may indicate that both are important in the partition of nutrients and biomass in cacao trees.

Primarily, the content of pod wet biomass is positively correlated with beans with mucilage wet biomass ($r = 0.97$) (Figure 3A), followed by positive correlation with number of beans (Figure 3C) ($r = 0.67$) and, finally, with placenta wet biomass ($r = 0.59$) (Figure 3B). It was also observed that beans with mucilage wet biomass was positively correlated with the number of beans ($r = 0.70$) (Figure 3D). According to this correlation (Figure 3D), pods with more beans tend to have higher beans with mucilage wet biomass

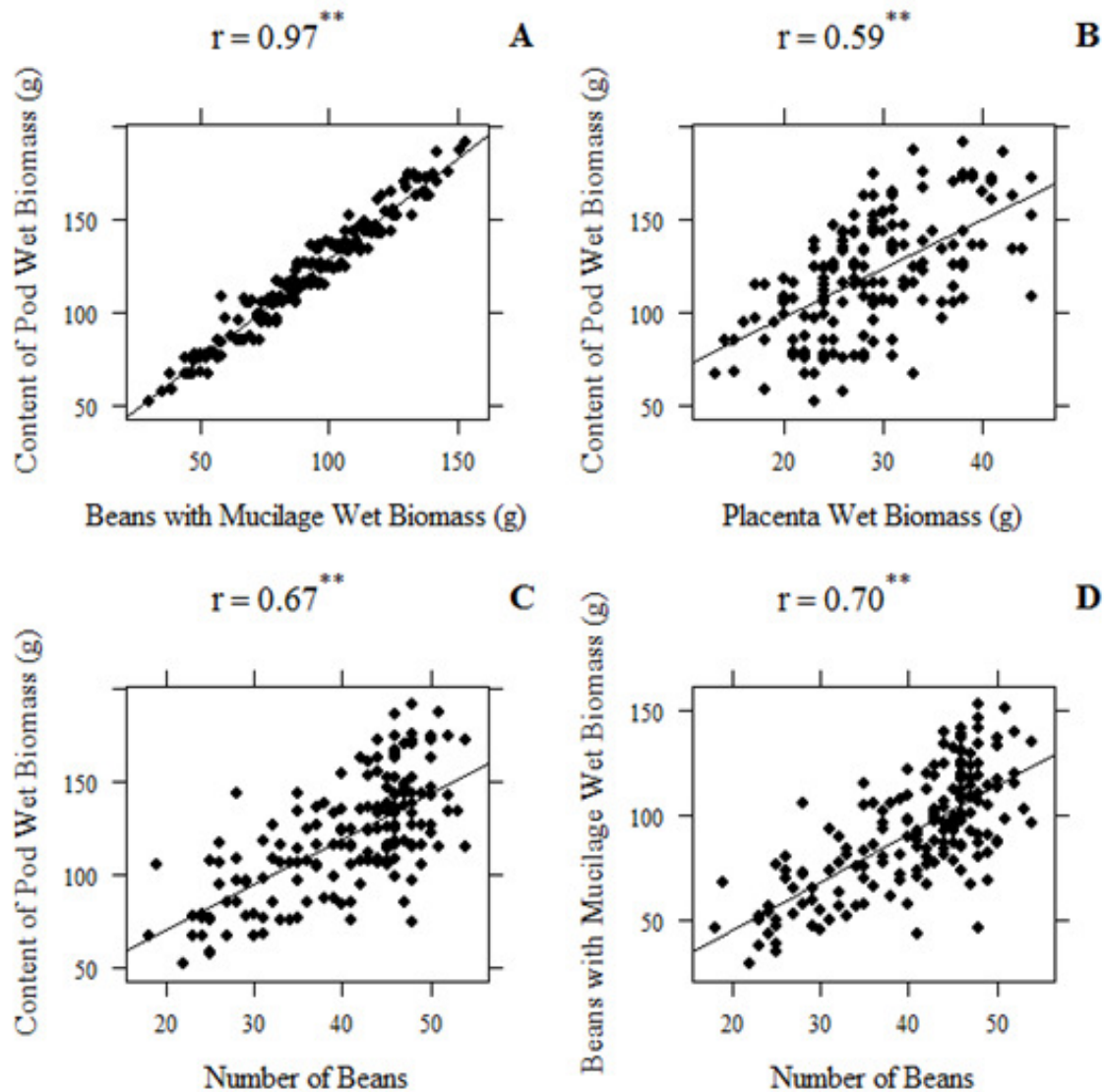


Figure 3 - Correlation between cacao pods biometrics attributes of PH-16 clone (r = Pearson correlation coefficient; ** Significance at 1% level; $n = 180$).

as verified in Tables 3 and 4, following an opposite relationship with respect to the groups of means of wet biomass of the pod and husk. However, because they are partial values of the pod wet biomass total value; these interpretations were also based on the graphical analysis of the correlations (Table 3). Among some attributes, there was wide graphic dispersion of sample observations and lower correlation coefficients (Figures 3B; 3C). This can be explained by the great variability of biometric in cacao pods (Lopez et al., 2011).

In higher plants, both dry matter as well as nutrient partitioning are phenomena of growth and development

closely related to genetic factors (Taiz & Zeiger, 2013). The husk of the Forastero group is thicker than of the Criollo group, and the Trinitarian cacao husk shows intermediate thickness (Bartley, 2005). PH-16 is a hybrid of Forastero with Trinitarian groups (Moreau Cruz et al., 2013). The value of the ratio pod wet biomass and number of beans in Cacao Common (Forastero group) approaches 15 (Loureiro, 2012), whereas in this study, the value observed for the ratio in PH-16 was approximately 17 (Tables 3 and 4). The ratio between pod wet biomass and number of seeds may mean plant nutrients invested in biomass conversion is particular directed to the seeds (beans) (Marenco & Lopes, 2009;

Taiz & Zeiger, 2013). However, not only the number of beans must be considered an important component of plant production, but also the bean weight, especially after processing, when they will be marketed (Garcia, 1985; Garcia, 1973; Santana, 1981).

Principal components analysis (PCA) biplots of cacao pods biometric attributes of PH-16 clone are shown in Figures 4 and 5. It is observed a correlation structure similar to the structure of bivariate correlations in Figures 2 and 3.

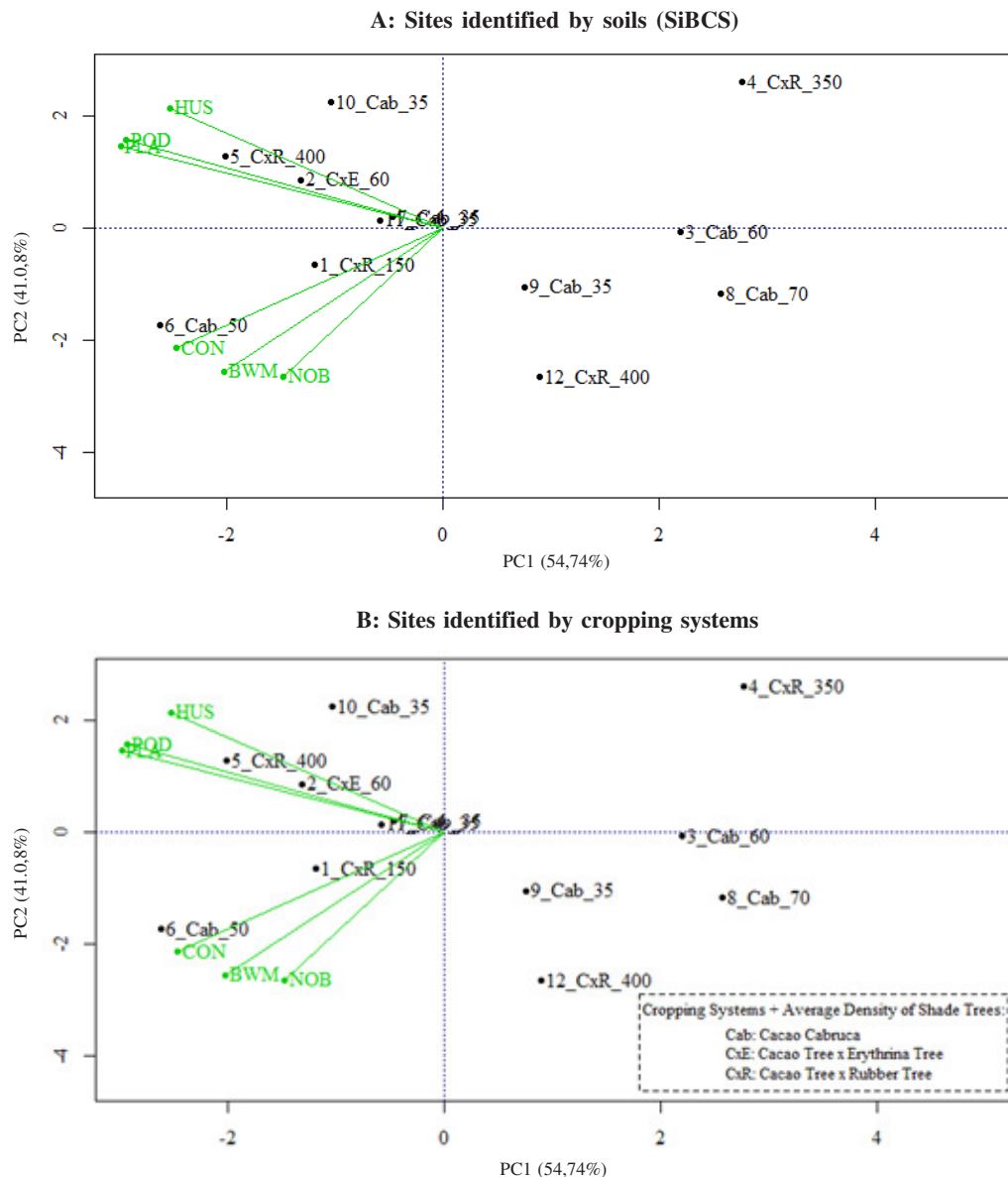


Figure 4 - Principal Component Analysis Biplots. Factors indicate the relative weight of the variables on the axes. Cacao pods biometric attributes of PH-16 clone: pod wet biomass (POD), husk wet biomass (HUS), content of pod (beans with mucilage and placenta) wet biomass (CON), beans with mucilage wet biomass (BWB), placenta wet biomass (PLA), number of beans (NOB). Places represented by soils (Brazilian System of Soil Classification - SiBCS): Latosol Yellow Dystrophic cambisolic (1_LAd cam), Argisol Red-Yellow Dystrophic tipic (2_PVAd), Argisol Red-Yellow Dystrophic abrupt (3_PVAd), Latosol Yellow Dystrophic tipic (4_LAd), Latosol Red-Yellow Dystrophic tipic (5_LVAd), Argisol Red-Yellow Eutrophic cambisolic (6_PVAe cam), Cambisol Haplic Dystrophic tipic (7_Cxd), Latosol Red-Yellow Dystrophic argisolic (8_LVAd arg), Argisol Dystrophic latosolic (9_PAd lat), Argisol Red-Yellow Dystrophic tipic (10_PVAd), Argisol Red-Yellow Alitic tipic (11_PVA ali), Argisol Red-Yellow Dystrophic Cohesive abrupt (12_PVAd coe). Numbered soils according to the longitudinal direction North-South.

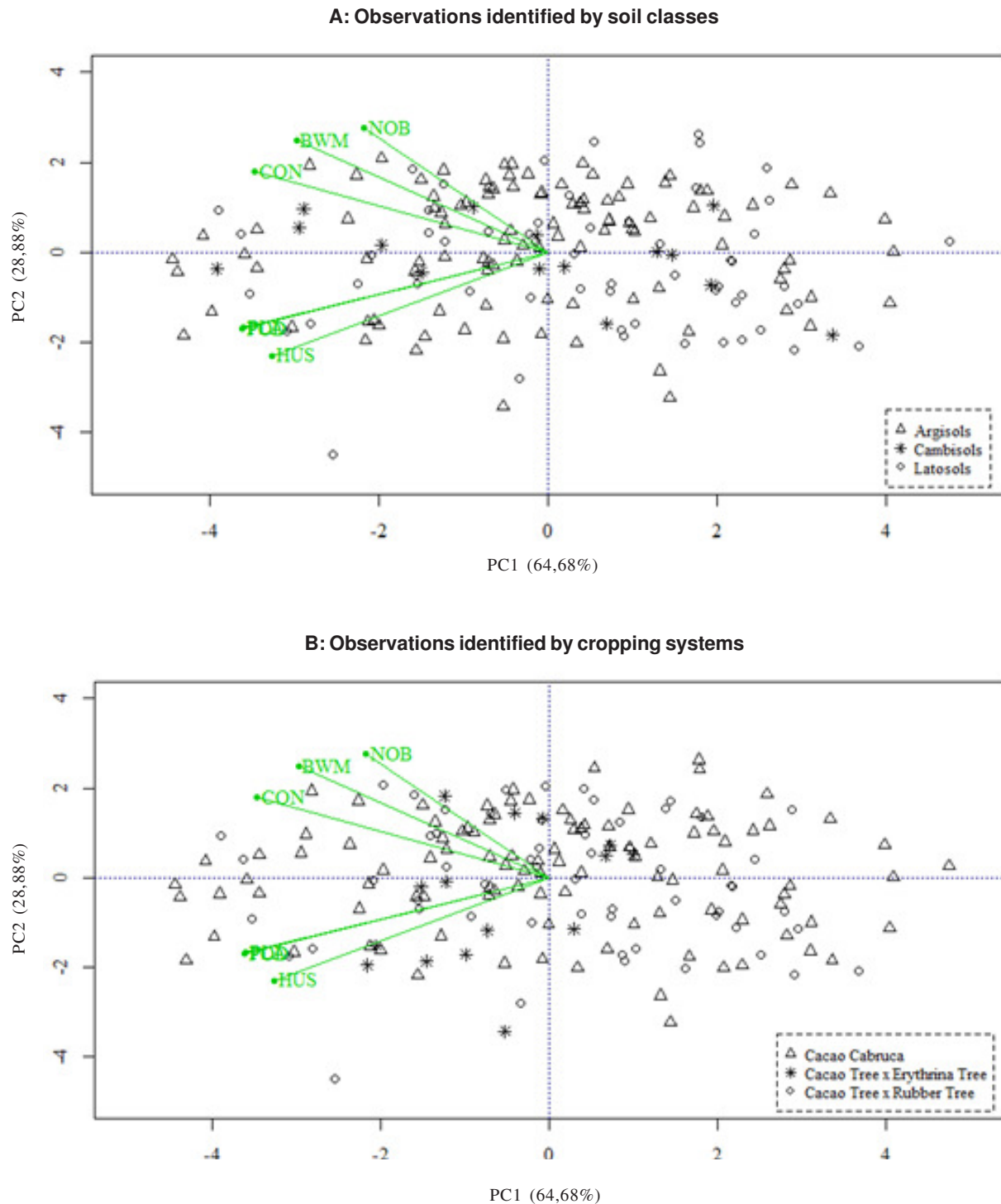


Figure 5 - Principal Component Analysis Biplots. Factors indicate the relative weight of the variables on the axes. Cacao pods biometric attributes of PH-16 clone: pod wet biomass (POD), husk wet biomass (HUS), content of pod (beans with mucilage and placenta) wet biomass (CON), beans with mucilage wet biomass (BWM), placenta wet biomass (PLA), number of beans (NOB). Observations identified by soil classes (A) and cropping systems (B).

Table 5 is a summary of the PCA of cacao pods biometric attributes of PH-16 clone explained by Biplot graph.

The Biplots represent the cacao pods biometric attributes of PH-16 clone, which vary according to the study sites represented by soils and their classes, different cropping systems, the average density of shade trees per hectare and the geographic coordinates (Figures 4 and 5).

Graphs A and B in Figure 4, have the same structure between variables and objects because they are the same ACP (Table 5). Graphs A and B in Figures 5 also have the same structure between variables and objects (Table 5). The objects shown in A and B were renamed for interpretation purposes (Figures 4 and 5).

The main components represented in Biplot graphs A and B of Figure 4 have eigenvalue higher than 1, and retains 96% of the total variance of the data for interpretation based on the means (Table 5). The CP represented by the graphs A and B of Figure 5 also have eigenvalue higher than 1 (one), retaining about 94% of the total variance of the data (Table 5).

The variables number of beans (NOB), content of pod wet biomass (CON) and beans with mucilage wet biomass (BWM) are positively correlated (Figure 3). Graphically, the site 06 - PVAe cam (Argisol Red-Yellow Eutrophic cambisolic) in Cacao Cabruca system (Cab), with an average density of 50 shade trees per hectare, and the site 12 - PVAd coe (Argisol Red-Yellow Dystrophic Cohesive abrupt) in Cacao x

Rubber Tree intercropping system, with an average density of 400 shade trees, are positively correlated with these variables (Figure 3). Besides the natural fertility, soil management conditions, such as correction of acidity and fertilization, are related to the eutrophic character of the soil; therefore, the correlation of these agronomic characteristics of cacao pods (NOB, CON and BWM) may be associated with good soil management. Site 04 - Lad (Latosol Yellow Dystrophic tipic) showed a negative correlation with these same variables (NOB, CON and BWM) (Figure 3). Sites 10 - PVAd (Argisol Red-Yellow Dystrophic tipic), 05 - LVAd (Latosol Red-Yellow Dystrophic tipic) and 02 - PVAd (Argisol Red-Yellow Dystrophic tipic) were positively correlated with the attributes pod (POD), husk (HUS) and placenta (PLA) wet biomasses. These soils have in common the "Dystrophic tipic" character, showing that low soil fertility favors biometric attributes as HUS and PLA, which are not as important as the attributes related to the production of beans (NOB, CON and BWM).

All observations from biometric variables were also explored in relation to the three soil classes Argisols (Arg), Cambisols (Cam) and Latosols (Lat), and also in relation to the three types of cropping systems Cacao Cabruca (Cab), Cacao x Erythrina Tree (CxE), and Cacao x Rubber Tree (CxR) (Figure 5). Clusters between soils related classes (SiBCS) with cropping systems or longitudinal arrangement of the geographic coordinates (Figures 4 and 5) were not observed. But

Table 5 - Summary of Principal Component Analysis of cacao pods biometric attributes of PH-16 clone

Summary	12 soils and cropping systems with average density of shade trees		All observations by soil types and cropping systems	
	PC1	PC2	PC1	PC2
POD	-0.49	0.30	-0.46	-0.32
HUS	-0.42	0.41	-0.41	-0.43
CON	-0.41	-0.41	-0.44	0.34
BWM	-0.34	-0.49	-0.38	0.47
PLA	-0.50	0.28	-0.46	-0.31
NOB	-0.25	-0.51	-0.28	0.52
Eigenvalue	6.01	5.21	26.36	17.61
Retained Variance	0.55	0.41	0.65	0.29
Accumulated Variance	0.55	0.96	0.65	0.94

POD – pod wet biomass (g), HUS – huks wet biomass (g), CON – content of pod (beans with mucilage and placenta) wet biomass (g), BWM - beans with mucilage wet biomass (g), PLA – placenta wet biomass (g), NOB – number of beans. PC – Principal Component.

even if the level of detail of this study (Figures 4 and 5) were not sufficient to explain these differences directly, indirectly they indicate that biometric attributes of cacao pods are under the influence of genotype x environment interaction (Almeida & Valle, 2007; Dias & Kageyama, 1985; Engels et al., 1980; Garcia, 1973; Icco, 2008; Machado and Almeida, 1989; Monteiro et al., 2011; Sánchez et al., 1996).

Beans biometrics

The highest mean of dry cacao beans length of 18 mm correspond to site 6 represented by Argisol Red-Yellow Eutrophic cambisolic (Table 6); this site is also related with the highest mean of cacao beans dry weight of 1.4 g (Table 6). As already discussed, the eutrophic character of the soil associated with good

fertility conditions is directly correlated with the production of components related to cacao beans, both in wet biomass (Tables 3 and 4; Figure 4) and dry biomass (Table 6). It was observed that the lowest means of dry cacao beans weight are related to soils with dystrophic character (Table 6), showing the relationship between soil fertility and production of cacao beans.

The variation in values of dry cacao beans length shown in this study (Table 6) is similar to the variation observed in another study employing the same genotype (Moreau Cruz et al., 2013). The mean of dry cacao beans width corresponds to 11 mm, this value was lower the mean of 14.3 mm observed in another study with PH-16 clone (Moreau Cruz et al., 2013). Our study analyzed dry cacao beans and another study analyzed in natura cacao beans, the absence of post-harvest

Table 6 - Summary of analysis of variance, Scott-Knott test and descriptive analysis of the biometrics attributes of dry cacao beans of PH-16 clone

Source	DF	Length	Width	Thickness	Dry Weight
			----- mm -----		g
Mean Squared					
Soil ¹	11	14,9**	10**	UR	4,8**
Error	1068	4,8	2,6	UR	1,2
Total	1079				
CV (%)		12,7	14,8	UR	17,1
Soil ¹		Mean ± Standard Deviation (n = 15)			
01 LAd cam		17.6 ± 2.1 a	11.0 ± 1.4 b	6.5 ± 1.2	1.3 ± 0.2 b
02 PVAd		17.0 ± 2.2 b	10.9 ± 1.9 b	6.1 ± 1.0	1.2 ± 0.2 c
03 PVAd		16.6 ± 2.1 b	10.3 ± 1.4 c	6.1 ± 0.9	1.2 ± 0.2 c
04 LAd		17.2 ± 2.1 b	10.9 ± 1.4 b	6.1 ± 1.1	1.2 ± 0.2 c
05 LVAd		16.9 ± 2.3 b	10.6 ± 1.5 c	6.1 ± 1.0	1.2 ± 0.2 c
06 PVAd cam		18.0 ± 2.2 a	11.4 ± 1.8 a	6.7 ± 1.0	1.4 ± 0.2 a
07 CXd		17.6 ± 2.1 a	11.1 ± 1.5 b	5.9 ± 1.3	1.2 ± 0.2 c
08 LVAd arg		17.1 ± 2.4 b	11.6 ± 1.8 a	6.0 ± 1.2	1.2 ± 0.2 c
09 PAd lat		17.4 ± 2.1 a	11.0 ± 1.6 b	6.1 ± 1.1	1.2 ± 0.2 c
10 PVAd		17.8 ± 2.4 a	11.2 ± 1.8 a	6.2 ± 1.0	1.3 ± 0.2 b
11 PVA ali		17.5 ± 2.3 a	10.9 ± 1.7 b	6.3 ± 1.1	1.3 ± 0.3 b
12 PVAd coe		17.6 ± 2.1 a	11.0 ± 1.7 b	6.1 ± 0.9	1.2 ± 0.2 c
Overall mean (n = 180)					
Minimum		10.8	7.3	3.3	0.67
Mean ± Standard Deviation		17.4 ± 2.2	11.0 ± 1.7	6.2 ± 1.1	1.2 ± 0.2
Maximum		23.8	15.4	9.6	1.93

¹Soil: 01 LAd cam - Latosol Yellow Dystrophic cambisolic, 02 PVAd - Argisol Red-Yellow Dystrophic tipic, 03 PVAd - Argisol Red-Yellow Dystrophic abrupt, 04 LAd - Latosol Yellow Dystrophic tipic, 05 LVAd - Latosol Red-Yellow Dystrophic tipic, 06 PVAd cam - Argisol Red-Yellow Eutrophic cambisolic, 07 CXd - Cambisol Haplic Dystrophic tipic, 08 LVAd arg - Latosol Red-Yellow Dystrophic argisolic, 09 PAD lat - Argisol Dystrophic latosolic, 10 PVAd - Argisol Red-Yellow Dystrophic tipic, 11 PVA ali - Argisol Red-Yellow Alitic tipic, 12 PVAd coe - Argisol Red-Yellow Dystrophic Cohesive abrupt. DF - Degrees of Freedom. CV - Coefficient of Variation. UN – Unrealized. Significance levels by test F: (**) = 1% of error.

and all biochemical transformations related were the probable causes of the differences of these values (Table 6).

The overall mean of dry cacao beans weight with 6-7% moisture corresponds to 1.24 g (Table 6). This values are highest than the value of 1.0 g (for samples of 100 cacao beans) recommended by industry (CCCA, 1984), also is recommended that not more than 12% of the cacao beans should have a variance larger or smaller than 1/3 of mean dry weight. However, these and other requirements of the chocolate industry were determined without considering the genetic diversity and biometric variation of cacao genotypes in different growing conditions. Hybrid cacao beans can vary widely regarding their biometric dimensions (Beckett, 2009; Engels et al. 1980; Almeida, 2001; Dias and Rezende, 2001; Sánchez et al., 1996). This result indicates that the dry cacao beans weight of clone PH-16 was slightly

influenced by the soil in which it was being cultivated. The length, width and dry weight and are the seed of morphological and agronomic characteristics as descriptors used in breeding programs to differentiate the cacao genotypes, and are also subject to the degree of development and ripening of pods (Bekele & Butler, 2000; Engels et al., 1980; Lopes, 2000; Bartley, 2005; Mattietto, 2001; Sánchez et al., 1996).

The cacao beans length showed positive correlation with cacao beans width ($r = 0.63$) (Figure 6A) and bean dry weight ($r = 0.58$) (Figure 6B). Besides the length, cacao beans thickness also showed positive correlation with cacao bean dry weight ($r = 0.54$) (Figure 6C). The dry weight of dry cacao beans is an important attribute for the final marketing of cacao (Beckett, 2009; WCF, 2014), and the correlations shown Figure 6, the attributes that represent the cacao beans dimensions are directly related to dry weight.

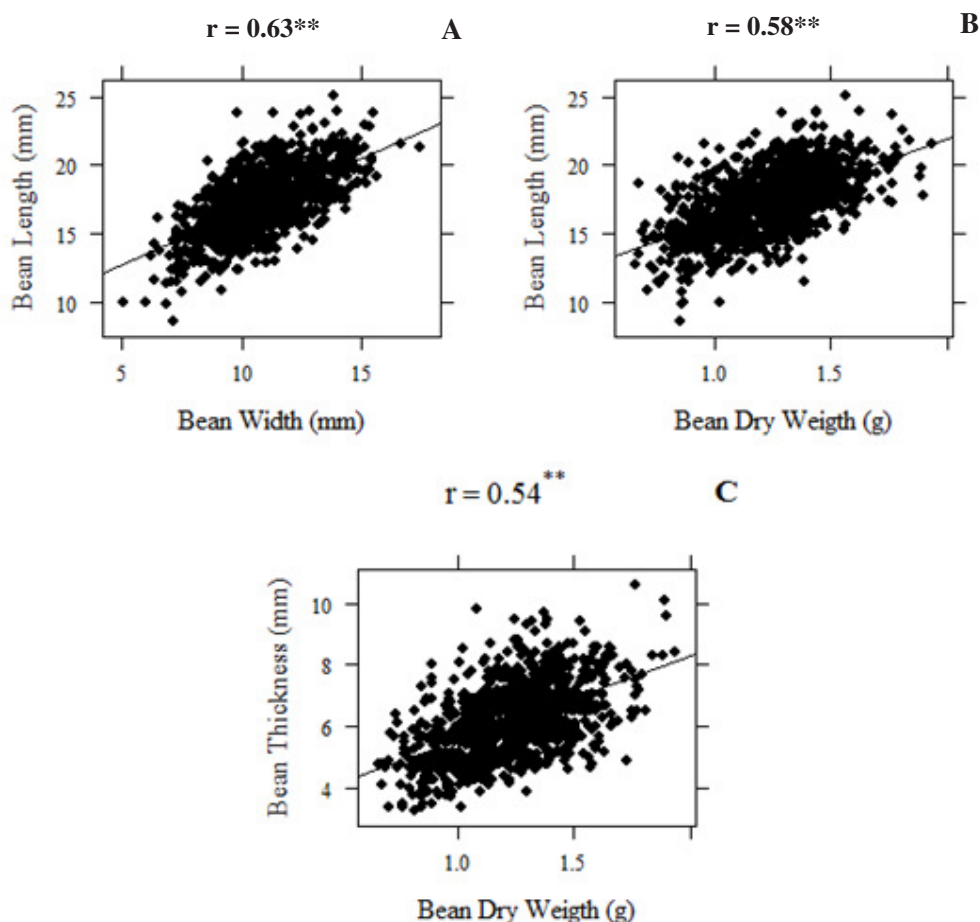


Figure 6 - Correlation between dry cacao beans biometrics attributes of PH-16 clone (r = Pearson correlation coefficient; ** Significance at 1% level; $n = 1080$).

Selection of cropping sites by cacao biometric attributes

The evaluation criteria used in the selection of cacao cropping sites were (Table 7): means of attributes interpreted as good production characteristics received a score of 1 (one), and the means unselected received a score of 0 (zero). For example, values from groups with the highest means of beans with mucilage wet biomass and number of beans were converted to 1, and the other values to 0 (zero). Another example of interpretation, values from groups with the lower means of husk and placenta wet biomass were converted to 1, and the other values to 0 (zero) (Table 7).

According to the sum of the scores of cacao biometrics attributes of PH-16 clone selected from the Scott-Knott test, sites 06 - PVAe cam and 12 - PVAd coe showed the best performance with 7 and 5 the best means of the studied biometric attributes, respectively (Table 7). Sites 02 - PVAd and 04 - LAd have the lowest performances, both with a score of 1 point (Table 7).

This method of evaluation (selection by scores) does not replace the multivariate statistical methods, but, it proved to be able to differentiate levels of study of factor (source of variation) showing similar results of nivariate (Tables 3, 4 and 6) and multivariate analyzes (Figures 4 and 5) objectively. However, it is

necessary to emphasize that this evaluation does not provide the best performance between means that belong to the same group generated by Scott-Knott test because regardless of higher or lower values within the group, the averages were classified with the values 0 (zero) or 1 (one) (Table 7).

Conclusions

Cacao biometric attributes of pods and beans were influenced by different cropping sites.

Attributes content of pod (beans with mucilage and placenta) wet biomass, beans with mucilage wet biomass and number of beans were positively correlated with the cultivation sites represented by Argisol Red-Yellow Eutrophic cambisolic and Argisol Red-Yellow Dystrophic Cohesive abrupt soils.

The highest values of length and dry weight of dry cacao beans correspond to Argisol Red-Yellow Eutrophic cambisolic.

The dystrophic soils are related to lower dry weight values of cacao beans.

The selection of cacao cropping sites by biometric attributes also highlighted the Argisol Red-Yellow Eutrophic cambisolic and Argisol Red-Yellow Dystrophic Cohesive abrupt soils.

Table 7 - Selection of cacao cropping sites by mean groups of biometrics attributes generated by the Scott-Knott test

Soil ¹	Pod ²						Dry Bean ³			Sum
	POD	HUS	CON	BWM	PLA	NOB	LEN	WID	WEI	
01 LAd cam	1	0	1	0	0	1	1	0	0	4
02 PVAd	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
03 PVAd	0	1	0	0	1	0	0	0	0	2
04 LAd	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
05 LVAd	1	0	1	0	0	0	0	0	0	2
06 PVAe cam	1	0	1	1	0	1	1	1	1	7
07 CXd	1	0	1	0	0	0	1	0	0	3
08 LVAd arg	0	1	0	0	1	1	0	1	0	4
09 PAd lat	0	1	1	0	1	0	1	0	0	4
10 PVAd	1	0	0	0	0	0	1	1	0	3
11 PVA ali	1	0	1	0	0	0	1	0	0	3
12 PVAd coe	0	1	1	0	1	1	1	0	0	5

¹Soil: 01 LAd cam - Latosol Yellow Dystrophic cambisolic, 02 PVAd - Argisol Red-Yellow Dystrophic tipic, 03 PVAd - Argisol Red-Yellow Dystrophic abrupt, 04 LAd - Latosol Yellow Dystrophic tipic, 05 LVAd - Latosol Red-Yellow Dystrophic tipic, 06 PVAe cam - Argisol Red-Yellow Eutrophic cambisolic, 07 CXd - Cambisol Haplic Dystrophic tipic, 08 LVAd arg - Latosol Red-Yellow Dystrophic argisolic, 09 PAd lat - Argisol Dystrophic latosolic, 10 PVAd - Argisol Red-Yellow Dystrophic tipic, 11 PVA ali - Argisol Red-Yellow Alitic tipic, 12 PVAd coe - Argisol Red-Yellow Dystrophic Cohesive abrupt. ²Pod: POD – pod wet biomass (g), HUS – husk wet biomass (g), CON – content of pod (beans with mucilage and placenta) wet biomass (g), BWM – beans with mucilage wet biomass (g), PLA – placenta wet biomass (g), NOB – number of beans per pod. ³Dry Beans: LEN – Bean length (mm), WID – Bean width (mm), WEI – Bean dry weight (g).

Understanding the variability of cacao biometric attributes emphasizes the importance of using technologies for achieving sustainable production of cacao quality.

Acknowledgments

This paper is part of the project “Linking soil quality and cacao quality in Bahia, Brazil”. To run fundamental steps of this project, the Researcher Quintino R. Araujo (coordinator) was supported by the Brazilian National Council for Scientific and Technological Development (CNPq) with a Postdoctoral fellowship.

Literature Cited

- ADZIMAH, S. K.; ASIAM, E. K. 2010. Design of a cocoa pod splitting machine. *Research Journal of Applied Sciences* 2:622-634.
- AFOAKWA, E. O. 2010. *Chocolate science and technology*. Oxford, Wiley-Blackwell. 296p.
- ALEXANDRE, R. S. et al. 2015. Caracterização de frutos de clones de cacaueiros na região litorânea de São Mateus, ES. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 19:785-790.
- ALMEIDA, C. M. V. C. 2001. Ecologia de populações naturais. In: Dias, L. A. S. D. ed. *Melhoramento genético do cacaueiro*. Viçosa, MG, FUNAPE - UFG. pp.129-162.
- ALMEIDA, A-A. F.; VALLE, R. R. 2007. Ecophysiology of the cacao tree. *Brazilian Journal of Plant Physiology* 19:425-448.
- ALMEIDA, C. M. V. C.; DIAS, L. A. S. D. 2001. Recursos genéticos. In: Dias, L. A. S. D. ed. *Melhoramento genético do cacaueiro*. Viçosa, MG, FUNAPE - UFG. pp.163-216.
- AMORES, F. et al. 2009. Entorno ambiental, genética, atributos de calidad y singularización del cacao en el nor oriente de la provincia de esmeraldas. Quevedo, Los Ríos, Ecuador, INIAP. *Boletín Técnico* n° 135. 120p.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). 2005. In: Horwitz, W.; Latimer J. R. G. W. eds. *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists*. Gaithersburg, Maryland, AOAC.
- AYESTAS, E. et al. 2013. Caracterización de árboles promisorios de cacao en fincas orgánicas de Waslala, Nicaragua. *Agroforestería en las Américas (Costa Rica)* 49:18-25.
- BADRIE, N. et al. 2015. Cocoa agronomy, quality, nutritional, and health aspects. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 55(5):620-659.
- BAROMETER, C. 2015. *Cocoa barometer 2015*. Available. in: http://www.cocoabarometer.org/International_files/Cocoa_Barometer_2015_USA.pdf. Accessed in: January 08, 2016.
- BARTLEY, B. G. D. 2005. *The genetic diversity of cacao and its utilization*. Wallingford, UK, CABI Publishing. 341p.
- BECKETT, S. T. 2009. *Industrial chocolate manufacture and use*. London, Chapman and Hall. 720p.
- BEKELE, F. L.; BUTLER, D. R. 2000. Proposed short list of cocoa descriptors for characterization. In: *Working procedures for cocoa germplasm evaluation and selection*. Rome, CFC/CCO/IPGRI Project Workshop. pp.41-48.
- BENTLEY, J. W. et al. 2004. Neighbor trees: shade, intercropping, and cacao in Ecuador. *Human Ecology* 32 (2) :241-269.
- BRITTO, I. C.; SILVA, C. P. 1983. Medidas biométricas do fruto do cacaueiro durante seu desenvolvimento. *Sitientibus (Brasil)* 2(3):59-66.
- CAIRES, S. A. et al. 2014. Spatial analysis for management zone delineation in a humid tropic cocoa plantation. *Precision Agriculture* 16(2):129-147.
- CARR, M. K. V.; LOCKWOOD, G. 2011. The water relations and irrigation requirements of cocoa (*Theobroma cacao* L.): A review. *Experimental Agriculture* 47(4):653-676.
- COCOA CHOCOLATE AND CONFECTIONERY ALLIANCE (CCCA). 1984. *Cocoa beans: chocolate manufactures' quality requirements*. London, CCCA. 19p.
- DANTAS, P. A. S. 2011. *Relação entre fertilidade do solo e nutrição do cacaueiro no Sul da Bahia*. Dissertação Mestrado. Ilhéus, BA, UESC. 85p.
- DIAS, L. A. S. 2001. *Novos rumos do melhoramento*. In: Dias, L. A. S. ed. *Melhoramento genético do cacaueiro*. Viçosa, MG, FUNAPE - UFG. pp. 531-578.

- DIAS, L. A. S.; KAGEYAMA, P. Y. 1985. Combining-ability for cacao (*Theobroma cacao* L.) yield components under southern Bahia conditions. *Theoretical and Applied Genetics* 90:534-541.
- DIAS, L. A. S.; RESENDE, M. D. V. 2001. Estratégias e métodos de seleção. In: Dias, L. A. S. ed. *Melhoramento genético do cacauero*. Viçosa, MG, FUNAPE - UFG. pp.217-287.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). 2006. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. 2. ed. Rio de Janeiro, RJ, EMBRAPA. 306p.
- ENGELS, M. M. et al. 1980. Cacao descriptors, their states and modus operandi. *Turrialba* (Costa Rica) 30 (2):209-218.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO) 2003. *Agricultural commodities: profiles and relevant WTO negotiating issues*. Rome, Italia, Economic and Social Development Department. 89p.
- FARIA, J. C. et al. 2013. BPCA: Biplot of multivariate data based on principal components analysis. Available in: <<http://cran.r-project.org/web/packages/bpca/bpca.pdf>>. Accessed in: March 13, 2014.
- FERREIRA, E. B. et al. 2013. ExpDes: Experimental Designs package. Available In: <<http://cran.r-project.org/web/packages/ExpDes/ExpDes.pdf>>. Accessed in: January 20, 2014.
- GARCIA, J. J. S. 1985. Beneficiamento, armazenamento e padronização do cacau. In: COMISSÃO EXECUTIVA DO PLANO DA LAVOURA CACAUEIRA (CEPLAC). ed. *Sistema de produção do cacauero na Amazônia Brasileira*. Belém, Pará, CEPLAC/SUPOR. pp.86-104.
- GARCIA, J. R. 1973. Estudo de alguns índices de crescimento e produtividade para seleção juvenil em híbridos de cacau. *Dissertação Mestrado*. Turrialba, Costa Rica. IICA. 89p.
- GROSS, J.; LIGGES, U. 2012. Nortest: Tests for normality. Available in: <<http://cran.r-project.org/package=nortest>>. Accessed in: January 11, 2014.
- INTERNATIONAL COCOA ORGANIZATION (ICCO). 2008. *Manual of best known practices in cocoa production*. Moscow, Consultative Board on the World Cocoa Economy. CB/16/2Rev.1. 9p.
- INTERNATIONAL COCOA ORGANIZATION (ICCO). 2009. *Guidelines on best known practices in the cocoa value chain*. Moscow, Consultative Board on the World Cocoa Economy. CB/16/2Rev.1. 10p.
- INTERNATIONAL COCOA ORGANIZATION (ICCO). 2010. *Inventory of diversification practices on cocoa farms*. London, United Kingdom, ICCO. 9p.
- JACOBI, J. et al. 2015. Farm resilience in organic and nonorganic cocoa farming systems in Alto Beni, Bolivia. *Agroecology and Sustainable Food Systems* 39(7):798-823.
- KOBAYASHI, R. S. et al. 2001. Caracterização morfológica de frutos e sementes de clones de cacaueros (*Theobroma cacao* L.) silvestres da Amazônia Brasileira. Belém, Pará, CEPLAC/SUPOR. *Technical Bulletin* nº19. 58p.
- LOBÃO, D. E. et al. 2007. Cacau cabruca - sistema agrossilvicultural tropical. In: Valle, R.R. ed. *Ciência, tecnologia e manejo do cacauero*. Itabuna, Gráfica e Editora Vital. pp.290-323.
- LOPES, A. S. 2000. Estudo químico e nutricional de amêndoas de cacau (*Theobroma cacao* L.) e cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* Schum) em função do processamento. *Dissertação Mestrado*. Campinas, SP, Unicamp. 130p.
- LOPES, U. V. et al. 2011. Cacao breeding in Bahia, Brazil - strategies and results. *Crop Breeding and Applied Biotechnology* (S1):73-81.
- LOPEZ BAEZ, O. 1995. Características del fruto del germoplasma de cacao, *Theobroma cacao* L. seleccionado en Rosario Izapa, Chiapas. *Agricultura Técnica En México* 21 (2):127-137.
- LOUREIRO, G. A. H. A. 2012. Atributos qualitativos de solo e amêndoas de cacau comum: revisão, análises e interpretação de relações. *Monografia em Engenharia Agrônoma*. Ilhéus, BA, UESC. 87p.
- MACHADO, R. C. R.; ALMEIDA, H. A. 1989. Estimativa do volume do fruto do cacau. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal* 1: 115-117.
- MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. 2009. Fisiologia vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral. Viçosa, MG, UFV. 451p.
- MATTIETTO, R. A. 2001. Estudo das transformações estruturais e físico-químicas durante o processo fermentativo em amêndoas de cacau (*Theobroma cacao* L.) e cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* Schum). *Dissertação Mestrado*. Campinas, SP, Unicamp. 164p.

- MONTEIRO, W. R.; AHNERT, D. 2012. Melhoramento genético do cacau. In: Valle, R.R. ed. Ciência, tecnologia e manejo do cacau. Brasília, DF, MAPA. pp.1-29.
- MONTEIRO, W. R. et al. 2011. Manejo de cacaúais seminais pela poda e correção do sombreamento permanente. Ilhéus, BA, MAPA/CEPLAC/CEPEC. Technical Bulletin nº 201. 30p.
- MOREAU CRUZ, J. F. et al. 2013. Assessment of the fermentative process from different cocoa cultivars produced in Southern Bahia, Brazil. *African Journal of Biotechnology* 12(33):5218-5225.
- MÜLLER, M. W.; GAMA-RODRIGUES, A. C. 2012. Sistemas agroflorestais com cacau. In: Valle, R.R. ed. Ciência, tecnologia e manejo do cacau. Brasília, DF, MAPA. pp.407-435.
- MUNIZ, M. R. A. et al. 2013. Exportação de nutrientes pelos frutos de cacau de diferentes clones cultivados nas Fazendas Reunidas Vale do Juliana. *Addubare RR Agroflorestal*, 24: 5-9. Available in: <<http://www.rroagroflorestal.com.br/downloads/informativos/addubare24.pdf>>. Accessed in: February 14, 2015.
- OBENG, E. A.; AGUILAR, F. X. 2015. Marginal effects on biodiversity, carbon sequestration and nutrient cycling of transitions from tropical forests to cacao farming systems. *Agroforestry Systems* 89 (1):19-35.
- PEREIRA, A. B. 2001. Melhoramento clonal. Dias, L. A. S. ed. In: Melhoramento genético do cacau. Viçosa, MG, FUNAPE - UFG. pp. 261-384.
- PINTO, F. C. 2013. Fertilidade do solo e partição de nutrientes em cacaueiros. Dissertação Mestrado. Ilhéus, BA, UESC. 108p.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. 2013. R: A language and environment for statistical computing. Viena, Austria, R Foundation for Statistical Computing. Available in: <<http://www.r-project.org>>.
- RIPLEY, B. et al. 2015. Support functions and datasets for venables and ripley's MASS. Available in: <<https://cran.r-project.org/web/packages/MASS/MASS.pdf>>. Accessed in: December 20, 2015.
- RUF, F. 2015. Diversification of cocoa farms in Côte d'Ivoire: complementarity of and competition from rubber rent. In: Ruf, F.; Schroth, G. eds. Economics and ecology of diversification. Netherlands, Springer. pp.41-86.
- SÁNCHEZ, P. et al. 1996. Caracterización y establecimiento de un banco de germoplasma de cacao criollo en el litoral araguano. Cauagua, Edo. Miranda, Venezuela, FONAIAP- Estación Experimental Miranda. 57p.
- SANTANA, C. A. M. 1981. Beneficiamento e padronização do cacau. Urucua, BA, CEPLAC/DEPED/EMARC-UR/NAGRI. 46p.
- SARKAR, D. 2015. Lattice: Multivariate Data Visualization with R. Available in: <<http://cran.at.r-project.org/web/packages/lattice/lattice.pdf>>. Accessed in: January 12, 2015.
- 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.
- SOIL SURVEY STAFF. 2006. Keys to soil taxonomy. Washington, USDA Natural Resources Conservation Service. 338p.
- SOMARRIBA, E. 2004. ¿Cómo evaluar y mejorar el dosel de sombra en cacaotales? *Agroforestería En Las Américas* 41-42 :120-128.
- SUPERINTENDÊNCIA DE ESTUDOS ECONÔMICOS E SOCIAIS DA BAHIA (SEI). 2014. Tipologia Climática - Segundo Thornthwaite - Pluviometria 1943-1983 / Temperatura 1961 - 1990 - Estado da Bahia. Available in: <http://www.sei.ba.gov.br/site/geoambientais/cartogramas/pdf/carto_tip_clim.pdf> Accessed in: February 2, 2014.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. 2013. Plant physiology. Sunderland, Massachusetts. Sinauer Associates Inc. 954p.
- WORLD COCOA FOUNDATION (WCF). 2014. Cocoa market update. Available in: <<http://www.worldcocoafoundation.org/wp-content/uploads/Cocoa-Market-Update-as-of-4-1-2014.pdf>>. Accessed in: May 5, 2014.
- WOOD, G. A. R. 2001. Quality and inspection. In: Wood, G. A. R.; Lass, R. A. eds. Cocoa. Oxford, Blackwell Science. pp.119-126.
- WOOD, G. A. R.; LASS, R. A. 1985. Cocoa. London, Longman. 620p.

AVALIAÇÃO DO CRESCIMENTO E QUALIDADE DE PORTAENXERTOS E MUDAS DE CACAUEIROS

George Andrade Sodré^{1,2}, Amanda Oliveira de Macedo³, Guilherme Amorim Homem de Abreu Loureiro^{2,4}

¹CEPLAC/ CEPEC/Seção de Solos. Km 22 Rod. Ilhéus/Itabuna, caixa postal 07, 45600-970, Ilh, Bahia; ²Universidade Estadual de Santa Cruz /DCAA. Km 16 Rod. Ilhéus/Itabuna, Salobrinho, 45662-900, Ilhéus, Bahia, sodre@ceplac.gov.br;

³Consultora autônoma, macedoamanda@hotmail.com; ⁴Bolsista da Fapesb, Edital 19/2013, gahal.85@gmail.com

O trabalho avaliou o crescimento e qualidade de portaenxertos e mudas enxertadas de cacaueiros usando sementes de polinização natural do clone TSH-1188 e de polinização controlada (TSH-1188 x CCN-10). Foram realizados dois ensaios, sendo um para portaenxerto e outro para muda enxertada. O delineamento foi inteiramente casualizado com tratamentos correspondentes às origens da semente, uma planta por parcela e 30 repetições. Sementes pré-germinadas foram plantadas em tubetes de 800 cm³ preenchidos com substrato e passados 90 dias as plantas foram avaliadas em comprimento da planta (CP) e diâmetro do coleto (DC). Em seguida foram cortadas e avaliadas em: biomassa seca das raízes (BSR), caules (BSC), folhas (BSF), parte aérea (BSA), total (BST) e índice de qualidade de Dickson (IQD). Para enxertia, 30 plantas foram separadas por tipo de polinização e enxertadas por garfagem usando o clone BN-34. Aos 30, 45, 60, 75 e 90 dias após enxertia foram realizadas avaliações de comprimento da planta (CTP; garfo e portaenxerto) diâmetro do garfo (DMG) e número de folhas na haste enxertada (NFE). A avaliação final do segundo ensaio foi realizada 90 dias após a enxertia onde as plantas foram avaliadas em altura e diâmetro e em seguida cortadas na altura do coleto e obtidas a BST, BSR e IQD. Os resultados mostraram que mudas obtidas em plantas de polinização controlada apresentaram maior uniformidade biométrica expressa pelo IQD, tanto para portaenxertos como para plantas enxertadas com o clone BN-34.

Palavras-chave: IQD, enxertia, polinização, *Theobroma cacao* L.

Growth rate and quality of rootstocks and cocoa seedlings. The experiment evaluated the growth and quality of rootstocks and grafted seedlings using cacao seeds of natural pollination, of the clone TSH-1188 and controlled pollination (TSH-1188 x CCN-10). Assays were carried to compare rootstock and grafted plants. The experimental design was completely randomized with the treatments formed by seed origin, one plant per plot and 30 replications. Pre-germinated seeds were planted in plastic tubes of 800 cm³ filled with substrate and after 90 days the plants were evaluated in plant length (CP) and stem diameter (DC). After 90 days were cut and evaluated: dry biomass of roots (BSR), stems (BSC), leaves (BSF), shoot (BSA), total (BST) and Dickson Quality Index (DQI). For grafting, 30 plants were separated by type of pollination and grafting with the clone BN-34. At 30, 45, 60, 75 and 90 days after grafting were evaluated for plant length (CPT; grafting and rootstock), trunk diameter (DMG) and number of leaves in the grafted stem (NFE). The evaluation of the second assay was performed 90 days after grafting where the plants were assessed for height and diameter, and then cut off to get BST, BSR and IQD. The results showed that seedlings from seeds of controlled pollination showed greater biometric uniformity expressed by IQD, in rootstocks as well as grafting plants with the BN-34 clone.

Key words: IQD; grafting; pollination; *Theobroma cacao* L.

Introdução

Os novos caminhos e oportunidades para o cultivo do cacauieiro (*Theobroma cacao* L) no Brasil indicam que existem tecnologias para cultivo intensivo que possibilitam produções acima de 3000 kg ha⁻¹ano⁻¹ (Leite et al., 2015). Esses autores citam que é necessário adotar tecnologias e destacam o uso de clones autocompatíveis, tolerantes a enfermidades, fertirrigação, plantio com sombra reduzida e quebra ventos e ainda que para formação dessas novas áreas as mudas de cacauieiro podem ser obtidas tanto por estaquia quanto por enxertia.

Os portaenxertos são usados em muitas espécies para minimizar efeitos restritivos à produção das plantas em campo a exemplo de compactação do solo e infecção por patógenos de solo. Embora existam estudos gerais sobre o tema portaenxerto em cacauieiros (Sodré et al., 2012a; Sena Gomes & Sodré, 2015), existem ainda questões não bem compreendidas, a exemplo da origem do portaenxerto e mecanismos envolvidos na interação com o enxerto. De acordo com Hartmann et al. (2002) o portaenxerto pode afetar a qualidade da fruta e altura da planta.

No cultivo do cacauieiro os portaenxertos podem ser propagados por sementes, alporques, estacas e cultura de tecidos (Westwood, 1993). Contudo, a maioria dos portaenxertos ainda é obtida a partir de sementes de polinização natural. Isto ocorre pela facilidade e baixo custo de obter sementes nas áreas de produção, bem como no preparo das mudas seminais. Em geral, o sistema de produção consiste em transplantar sementes de cacauieiro pré-germinadas para sacos de polietileno preenchidos com solo ou substrato agrícola e a partir de 4 meses realizar a enxertia (Sodré, 2013).

Os portaenxertos para produzir mudas de cacauieiro são selecionados para agregar vigor e produtividade às plantas além de resistência às doenças (Sena Gomes & Sodré, 2015). Por exemplo, no estado da Bahia os produtores de cacau geralmente usam como portaenxertos variedades de *cacau comum* e do clone *Trinidad Selected Hybrid* “TSH 1188” porque são resistentes ao fungo *Ceratocystis cacaofunesta*. Esses materiais, no entanto, diferem entre si pelo grupo genético e pela autocompatibilidade sendo o *cacau comum* pertencente ao grupo forasteiro e apresenta

autocompatibilidade e o TSH 1188 ao grupo trinitário e autoincompatibilidade (Lopes et al., 2015).

Aferir características qualitativas das mudas de cacauieiro é uma importante etapa do processo produtivo que objetiva elevar as taxas de sobrevivência em campo e produção uniforme. Segundo Binotto (2007), a “*qualidade da muda*” é um conjunto de atributos necessários para o desenvolvimento e sobrevivência após o plantio em campo.

A qualidade de mudas de cacauieiros pode ser estimada a partir do Índice de Qualidade de Dickson - IQD (Dickson et al., 1960; Sosa-Pérez & Rodríguez-Trejo, 2003). O IQD consiste no cálculo de variáveis de qualidade que são tomadas a partir da análise de crescimento, relacionando-o com altura, diâmetro e biomassa seca. É apontado como eficiente indicador de qualidade de mudas pelo fato de analisar o equilíbrio da distribuição da biomassa na planta (Fonseca, 2000).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o crescimento e qualidade (IQD) de portaenxertos de cacauieiros produzidos com sementes de polinização natural do clone TSH-1188 e controlada (TSH-1188 x CCN-10) e de mudas usando esses portaenxertos enxertados com o clone BN-34.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido em casa de vegetação no Centro de Pesquisas do Cacau (CEPEC), unidade de pesquisa da Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (CEPLAC) localizado no município de Ilhéus, BA. Foram realizados dois ensaios, o primeiro para avaliar o portaenxerto e o segundo a muda enxertada. Nos dois ensaios o delineamento experimental foi inteiramente casualizado com os tratamentos correspondentes às origens da semente para portaenxerto (polinização natural - TSH-1188 e polinização controlada - TSH-1188 x CCN-10), 30 repetições e uma planta por unidade experimental.

Os frutos de onde se retirou as sementes para produzir os portaenxertos foram coletados na mesma planta do clone TSH 1188 e diferiram por polinização natural e controlada. Pela característica de autoincompatibilidade do clone TSH-1188 não foi necessário investigar a origem do pólen que resultou em frutos de polinização natural. O clone CCN-10 foi escolhido como doador de pólen por ser compatível

como TSH-1188 e por não haver plantas desse clone nas imediações da área onde se coletou os frutos. A polinização controlada foi manual e realizada seis meses antes da colheita dos frutos.

Para produção dos portaenxertos as sementes foram retiradas dos frutos, limpas em mistura de serragem e areia 1:1 (v:v) e colocadas para germinar na mesma mistura, previamente umedecida, durante cinco dias. Foi semeada uma semente pré-germinada por tubete compondo a unidade experimental. Foram usados tubetes estriados, com capacidade para 800 cm³, totalmente preenchidos com mistura de substratos e fertilizantes (Tabela 1). Também foi determinada a densidade úmida, pH em água na proporção substrato:água de 1:2,5 e condutividade elétrica (CE) com auxílio de condutivímetro digital (Tabela 2). Os resultados da análise do substrato mostraram que não havia limitações para produção de mudas de cacauzeiro e estavam de acordo com recomendações de Sodré e Marrocos (2009).

Após a semeadura a irrigação foi realizada diariamente com água deionizada para manter a umidade do substrato em 60% da máxima capacidade de retenção de água. A cada 15 dias foi aplicado, para controle de doenças, 10 mL por planta do fungicida Carbendazim (Derosal® 1 mL L⁻¹) e 15 mL do adubo foliar Albatroz® 10-52-10 (N, P, K) + micronutrientes (1 g L⁻¹).

Passados 90 dias da enxertia, foi mensurado o diâmetro do coleto (DC) e comprimento de cada planta (CP). Em seguida foram cortadas na altura do coleto, armazenadas em sacos de papel e colocadas para secar em estufa de circulação forçada de ar a 65 °C até massa constante. Obteve-se a biomassa seca das raízes (BSR), caules (BSC) e folhas (BSF). Foram estimadas a biomassa seca da parte aérea (BSA = BSC + BSF) e biomassa seca total (BST = BSA + BSR) e a relação entre biomassas da parte aérea e das raízes RAR:

$$RAR = \frac{BSA}{BSR}$$

e entre comprimento total da planta e diâmetro do coleto RAD: $\left(RAD = \frac{CP}{DC} \right)$

O segundo ensaio foi instalado aos 90 dias onde trinta plantas (unidades experimentais) de cada portaenxerto, foram enxertadas por garfagem de fenda

Tabela 1 - Componentes do substrato utilizado no experimento

Produto	Quantidade
Substrato Carolina Padrão®	12,5 kg
Substrato Tropstrato Florestal®	25 kg
Superfosfato Simples	109 g
Fertilizante PGMIX® N, P, K (14-16-18 + micros)	41,5 g
Fertilizante Osmocote ® N, P, K (19-06-10)	45,5 g

Tabela 2 – Caracterização granulométrica, condutividade elétrica (CE), pH, densidade úmida (Ds) e umidade gravimétrica (U) do substrato usado no experimento (n = 4)

	Peneiras (mm)			
	< 0,5	1,0	2,0	4,0
Média ± DP		%		
	35,5 ± 0,63	41,7 ± 7,24	18,2 ± 2,36	4,5 ± 1,73
	CE	pH	Ds	U
	µS cm ⁻¹			g dm ⁻³
Média ± DP	600 ± 0,06	5,6 ± 0,6	0,44 ± 0,01	51,9 ± 0,9

cheia usando o clone BN-34 segundo metodologia recomendada por Sodré (2013).

Aos 30, 45, 60, 75 e 90 dias após enxertia foram realizadas avaliações de comprimento total da planta (garfo e portaenxerto) (CTP), diâmetro médio do garfo (DMG) e número de folhas crescidas na haste enxertada (NFE).

A avaliação final do segundo ensaio foi realizada 90 dias após a enxertia. As mudas enxertadas foram avaliadas em CTP e DMG e imediatamente cortadas na altura do coleto. O material vegetal foi seco em estufa de circulação forçada de ar a 65 °C até massa constante para obtenção da BST e BSR.

O índice de qualidade de Dickson (IQD) Dickson et al. (1960), foi usado para avaliar a qualidade do portaenxerto e da muda enxertada. O IQD foi determinado por meio da expressão: $IQD = BST / (RAR + RAD)$.

Os dados foram submetidos à análise de variância e comparações de médias dos tratamentos pelo teste F (p<0,05). Foi realizada análise de correlação de Pearson entre o IQD e BST, RAD e RAR. Foram obtidas regressões em função do tempo após a enxertia para CTP, DMG e NFE. Todos os procedimentos estatísticos foram realizados no programa (R Core Team; 2009).

Resultado e Discussão

Ensaio 1. Portaenxertos

Os resultados para portaenxertos mostraram diferenças significativas entre os tratamentos para RAR, RAD e IQD (Tabela 3). Esse resultado indica que os portaenxertos seminais formados a partir da polinização controlada apresentaram maior equilíbrio de biomassa em relação às mudas de polinização natural. Deve-se destacar que as diferenças foram obtidas aos 90 dias, período em que as mudas ainda estão em fase de preparo. Em mudas de *Eucalyptus grandis* o IQD não foi eficiente para selecionar mudas e de acordo com Gomes et al. (2003) só apresentou diferenças significativas entre tratamentos aos 120 dias, quando as mudas já estavam rustificadas e com alturas muito além daquelas consideradas padrão para serem plantadas.

Não foi detectada diferença significativa entre os tratamentos para a biomassa seca total (BST). Entretanto, deve-se destacar que os menores valores de RAR (5,2) e RAD (7,0) relativos às plantas de polinização controlada contribuíram para valor significativamente maior de IQD dos portaenxertos (0,26) quando comparado à polinização natural (0,23) (Tabela 3). As contribuições dos componentes BST, RAR e RAD na formação do IQD foram verificadas pelo grau de associação dessas variáveis, como se

observa na Figura 1, em que BST e RAD foram significativamente correlacionadas aos valores de IQD tanto do portaenxerto quanto das mudas enxertadas.

Considerando que a variável RAR expressa à relação biométrica entre biomassas secas da raiz e da parte aérea, os reduzidos valores de desvio padrão da RAR (Tabela 3), em plantas de polinização controlada, sugerem que a polinização controlada resulta em plantas com características biométricas mais uniformes. Em termos práticos isso significa a formação no campo de stands também uniformes, facilitando as práticas de manejo dos cacaueiros, especialmente às podas de formação.

A RAR também foi usada para a investigação de fatores ambientais e de nutrição e crescimento de plantas (Aung, 1974; Fairbairn & Neustein, 1970; Gordon, 1969), porque representa uma proporção entre os tecidos de produção e os tecidos de absorção de água e nutrientes minerais (Sosa-Pérez & Rodríguez-Trejo, 2003). Adicionalmente, Logan (1969), estudando qualidade de mudas de “bordo açucareiro” (*Acer saccharum*), destacou que a produção de matéria seca é um indicador biométrico de qualidade de muda e útil para avaliações sobre os requerimentos fotossintéticos da planta.

Em termos gerais é desejável que uma muda bem formada tenha uma relação de equilíbrio entre as massas de raízes de caule e folhas (Dickson et al.,

Tabela 3. Teste F e estatística descritiva para características de portaenxertos de cacaueiros obtidos de sementes de polinização natural do clone TSH-1188 e polinização controlada (TSH-1188 x CCN-10)

		Teste F			
		BST ¹ ns	RAR ² *	RAD ³ *	IQD ⁴ *
Coeficiente de Variação		11,1	16,3	11,4	18,3
Polinização	Estatística Descritiva	Valores			
Natural	Mínimo	2,5	4,6	5,9	0,16
	Média ± DP	3,1 ± < 0,01	6,0 ± 1,04 a	7,7 ± < 0,01 a	0,23 ± < 0,01 a
	Máximo	4,0	8,4	9,3	0,3
Controlada	Mínimo	2,7	3,3	5,8	0,19
	Média ± DP	3,2 ± < 0,01	5,2 ± < 0,01 b	7,0 ± < 0,01 b	0,26 ± < 0,01 b
	Máximo	3,9	6,7	8,6	0,36

¹BST – biomassa seca total (g); ²RAR – relação biomassa seca da parte aérea : biomassa seca de raiz; ³RAD – relação comprimento total da parte aérea : diâmetro do coleto; ⁴IQD – índice de qualidade de Dickson; níveis de significância: 5% de erro (*); não significativo (ns).

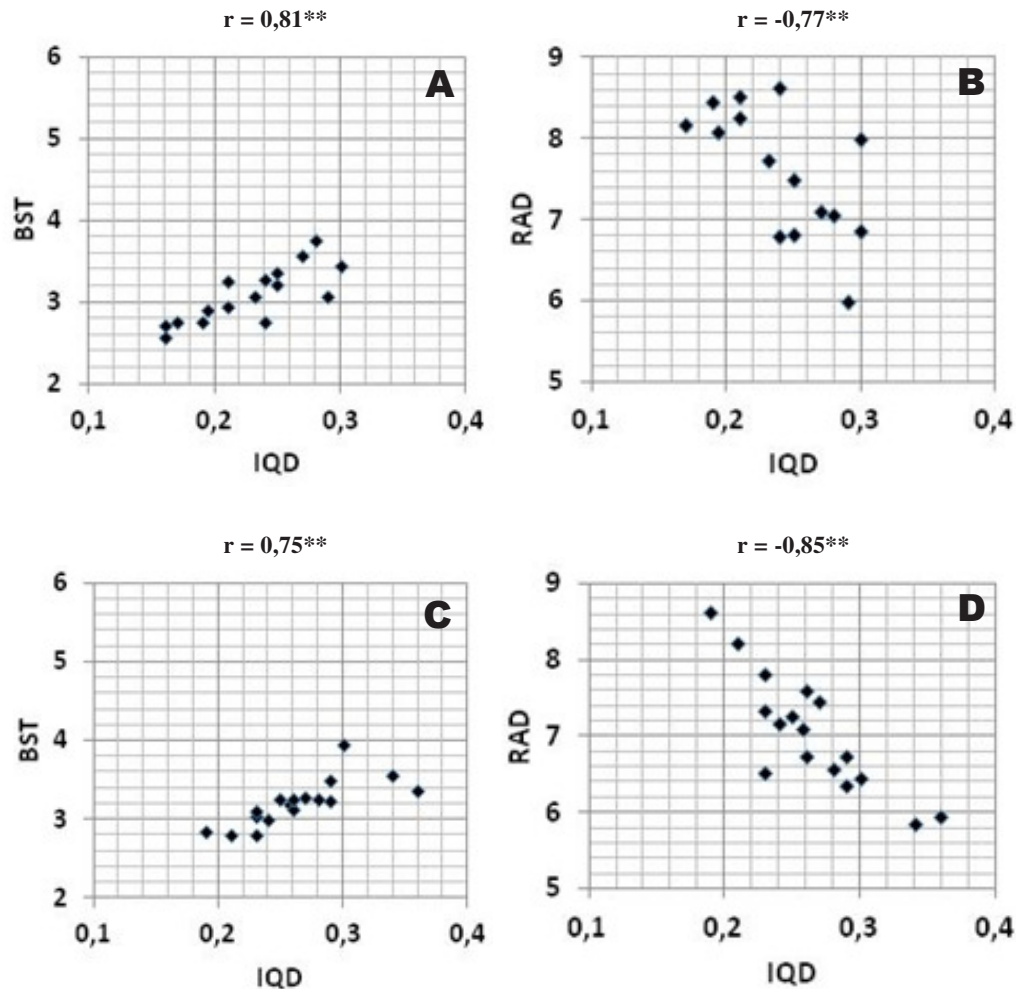


Figura 1 - Correlações lineares de Pearson das variáveis, biomassa seca total (BST), relação comprimento total da parte aérea: diâmetro do coleto (RAD) com o índice de Qualidade de Dickson (IQD) para portaenxertos seminais de cacauero do clone TSH-1188 obtidas de polinização natural (A e B) e controlada com CCN-10 (C e D). Nível de significância a 1% de erro (**).

1960; Sosa-Pérez & Rodríguez-Trejo, 2003). O valor médio da RAR das mudas de cacauero de polinização controlada (5,2) foi significativamente menor do que o da polinização natural (6,0). Esse resultado pode ser atribuído a maior massa do sistema radicular desse tipo de muda e representa um diferencial de qualidade, especialmente quanto à absorção de água e nutrientes minerais pelas plantas.

Considerando que a relação entre comprimento total da parte aérea e diâmetro do coleto (RAD) das plantas de polinização controlada foram aproximadamente 10% inferiores aos de polinização natural e que baixos RAD sugerem que a planta será mais robusta e mais resistente a danos físicos no campo (Fierros et al.,

2001), os resultados observados nesse trabalho indicam maior vigor para as mudas de cacaueiros formadas a partir da polinização controlada. Esse resultado é corroborado por Yamada et al. (2015) que trabalhando com polinização controlada de clones de cacauero verificaram que cruzamentos dos clones TSH-1188 e Cepec-2002 produziram portaenxertos vigorosos e com elevada resistência ao fungo *Ceratocystis cacaofunesta*.

A qualidade de mudas, em muitos casos expressos pela RAD, apresenta correlação positiva com o índice de sobrevivência e o crescimento após o plantio no campo (Walters & Kozak, 1965; Logan, 1969; Strothman, 1972). Johnson & Cline (1991)

consideraram que plantas de maior diâmetro apresentam melhor suporte, resistência à flexão, tolerância aos insetos e danos causados por animais e resistem mais ao stress hídrico em comparação às plantas com diâmetros menores.

Ensaio 2. Mudanças enxertadas

Foram encontradas diferenças significativas entre BST, RAD e IQD nas mudas de cacauzeiros obtidas a partir de portaenxertos de polinização natural do clone TSH-1188 e controlada com CCN-10, enxertadas aos noventa dias com o clone BN-34 (Tabela 4). Os valores de BST (2,0) e RAD (7,6) relativos aos portaenxertos de polinização controlada contribuíram para elevar o valor de IQD (0,22), quando comparado à polinização natural que apresentou valores de 1,5 e 8,6 respectivamente e IQD (0,15). Na Figura 2 é verificado o grau de correlação dessas variáveis e a contribuição significativa e positiva da BST e negativa da RAD na formação do IQD.

Foram encontrados reduzidos valores da RAR nas mudas enxertadas (1,8 e 1,7) em relação aos portaenxertos (6,0 e 5,2) de polinização natural e controlada respectivamente (Tabelas 3 e 4). Esse resultado pode ser explicado pela redução da área foliar da muda que teve a copa do portaenxerto substituída pela haste de enxertia (sem folhas), mas provavelmente

também devido à interação entre enxerto e portaenxerto. Mudanças na resistência estomática e fluxo de seiva entre enxerto e portaenxerto têm sido associados a efeitos de vigor dos portaenxertos, como sugerido por Simons (1986). Por outro lado, existem evidências consideráveis, em espécies perenes, que os sistemas de raízes têm diferenças quantitativas e qualitativas na estrutura anatômica do xilema e isso pode estar relacionada com o potencial do sistema radicular do portaenxerto em relação ao enxerto, possivelmente pela redução do fluxo de água no tronco como enfatizado por Beakbane & Thompson (1947).

Foram obtidos ajustes lineares e significativos para as variáveis: comprimento total da planta enxertada (CTP), diâmetro médio do garfo (DMG) e número de folhas do enxerto (NFE), em função do tempo (dias) (Figura 3). Mudanças de cacauzeiros sofrem efeitos diretos dos portaenxertos que variam conforme o clone e o ambiente. Nesse contexto, Sodré et al. (2012b) verificaram que a combinação copa/portaenxerto de cacauzeiro interferiu no transporte de nutrientes da raiz para a parte aérea de mudas e também que o clone Salobrinho-2, enxertado em portaenxerto de cacau comum acumulou significativamente menos N, P e K nas folhas quando comparado aos clones CCN-51, ICS-1, CEPEC-2002 e CP-49.

Tabela 4. Teste F e estatística descritiva para características de mudas do clone BN 34 enxertadas em portaenxertos de cacauzeiros obtidos de sementes de polinização natural do clone TSH-1188 e polinização controlada (TSH-1188 x CCN-10)

		Teste F			
		BST ¹ **	RAR ² ns	RAD ³ **	IQD ⁴ **
Coeficiente de Variação		11,9	16,6	10,0	15,2
Polinização	Estatística Descritiva	Valores			Teste F
Natural	Mínimo	1,1	1,1	7,3	0,1
	Média ± DP	1,5 ± < 0,01 b	1,8 ± < 0,01	8,6 ± < 0,01 a	0,15 ± < 0,01 b
	Máximo	2,0	2,5	10,6	0,19
Controlada	Mínimo	1,7	1,4	6,8	0,19
	Média ± DP	2,0 ± < 0,01 a	1,7 ± < 0,01	7,6 ± < 0,01 b	0,22 ± < 0,01 a
	Máximo	2,3	2,2	8,9	0,28

¹BST – biomassa seca total (g); ²RAR – relação biomassa seca da parte aérea : biomassa seca de raiz; ³RAD – relação comprimento total da parte aérea : diâmetro do coleto; ⁴IQD – índice de qualidade de Dickson. Níveis de significância: 1% de erro (**); não significativo (ns).

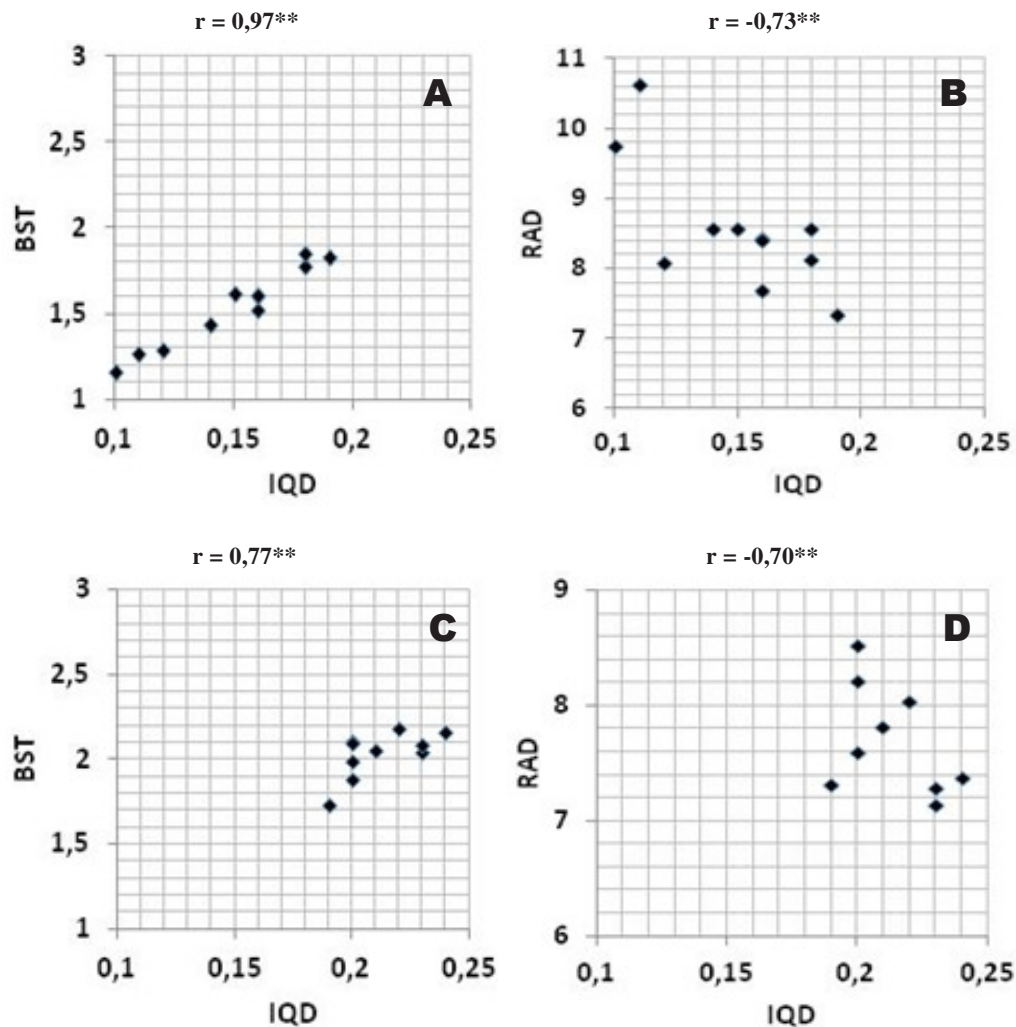


Figura 2 - Correlação linear de Pearson das variáveis, biomassa seca total (BST) e relação comprimento total da parte aérea: diâmetro do coleto (RAD) com o índice de Qualidade de Dickson (IQD) para mudas de cacaueteiro obtidas a partir de portaenxerto do clone TSH-1188 de polinização natural (A e B) e controlada com CCN-10 (C e D), enxertadas com o clone BN-34. Nível de significância a 1% de erro (**).

O CTP aos noventa dias foi menor em portaenxertos oriundos de polinização controlada (Figura 3A). Esse comportamento pode ser explicado porque as mudas seminais produzidas com polinização natural em geral mostram maior vigor e crescimento irregular. Verificou-se que para o NFE obteve-se melhor ajuste e nível de significância nas mudas de portaenxerto com a polinização controlada (Figura 3C). Esse resultado também sugere melhor interação entre o portaenxerto de polinização controlada e o enxerto do clone BN-34.

O diâmetro médio do garfo (DMG) em função do tempo em dias após enxertia mostrou

comportamento linear tanto no portaenxerto de polinização controlada quanto de polinização natural (Figura 3B). De acordo com Binotto (2007) é possível inferir que quanto maior o diâmetro maior será a massa seca da parte aérea da planta e consequentemente maior o IQD. Deve-se destacar que o DMG é obtido em avaliação direta e não destrutiva e que expressa com precisão o valor encontrado. Nesse contexto, Schmidt-Vogt (1984), verificaram que resultados obtidos a partir do DMG possuem alta correlação com o ritmo de crescimento de mudas de espécies florestais após o plantio e a sobrevivência no campo.

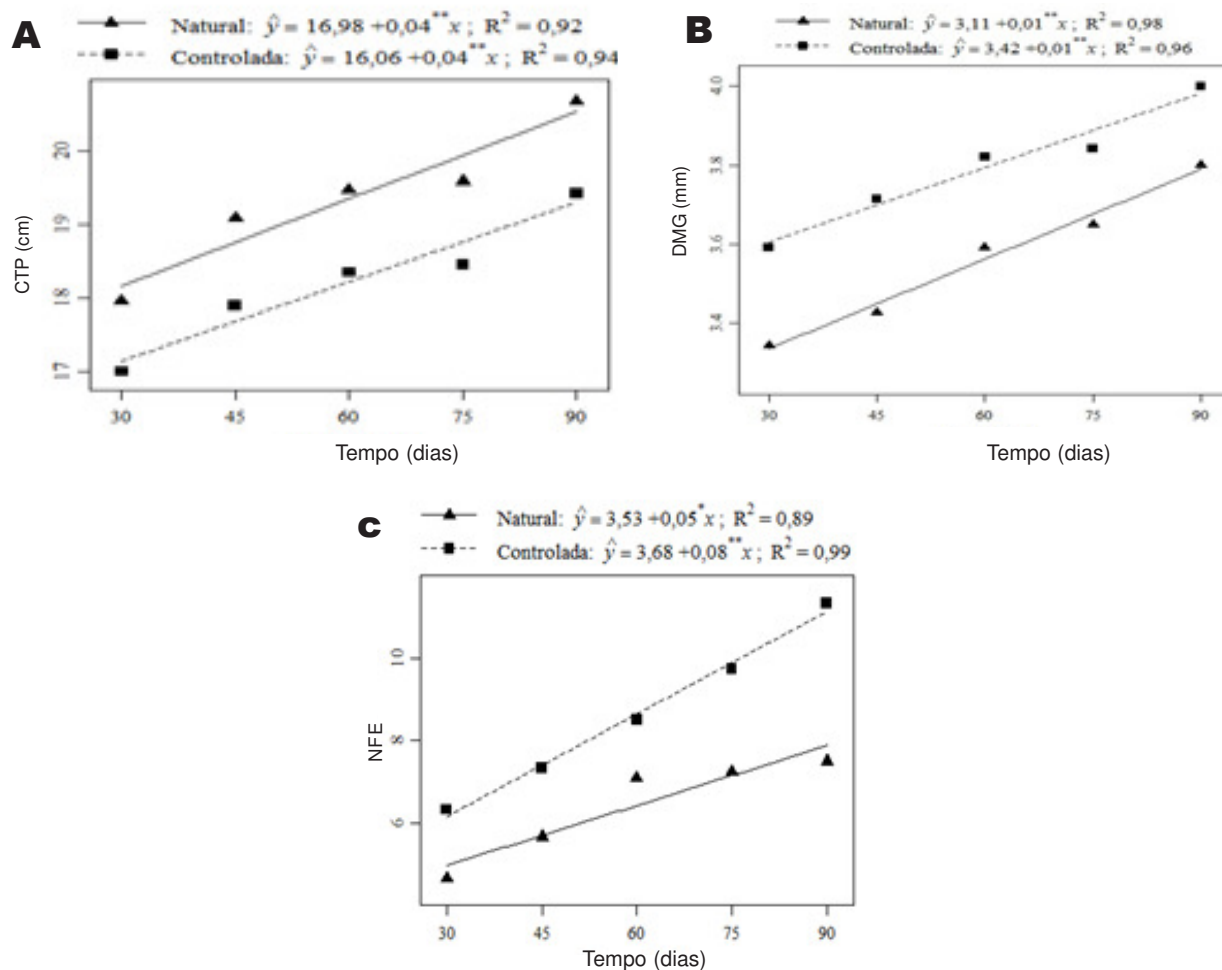


Figura 3 - Regressões lineares das variáveis: comprimento total da planta enxertada (A), diâmetro médio do garfo (B) e número de folhas da planta enxertada (C) avaliadas em enxertos do clone BN-34 em função do tempo em dois níveis de polinização do clone TSH-1188: natural e controlada com o CCN-10. *, **. Nível de significância a 5% e 1% de erro respectivamente.

Conclusão

Mudas de cacaueiro produzidas com sementes de polinização controlada do clone TSH-1188 com CCN-10, apresentaram maior uniformidade biométrica expressa pelo índice de qualidade de Dickson, tanto para portaenxertos como para mudas enxertadas por garfagem com o clone BN-34.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Engenheiro Agrônomo Ivan Sousa Ceplac/Cenex pelo fornecimento dos frutos

e ao técnico Arnaldo de Souza Santos da Ceplac/ Senup pelo apoio nas atividades de manutenção do experimento.

Literatura Citada

- AUNG, L. H. 1974. Root-shoot relationships. In: Carson, E.W. ed. The plant root and its environment. Charlottesville, University Press of Virginia. pp. 29-61.
- BEAKBANE A. B.; THOMPSON, E. C. 1947. Anatomical studies of stem and roots of hardy fruit trees. IV. The root structure of some new

- clonal apple rootstocks budded with Cox's Orange Pippin. *Journal of Pomology and Horticultural Science* 23:203-226.
- BINOTTO, A. F. 2007. O Índice de qualidade de dickson em mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maid e *Pinus elliottii* var. *elliottii* - Engelm. Dissertação de Mestrado. Santa Maria, RS. 56p.
- DICKSON, A.; LEAF, A. L.; HOSNER, J. F. 1960. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. *Forestry Chronicle* 36:10-13.
- FAIRBAIRN, W. A.; NEUSTEIN, S. A. 1970. Study of response of certain coniferous species to light intensity. *Forestry* 43(1):57-71.
- FIERROS, G., A. M.; RODRÍGUEZ T., D. A.; LEYVAH., A. L. 2001. Ejecución de proyectos de plantaciones. In: Sosa Cedillo, V. E. ; Fierros González, A. M. coords. Manual del curso de especialización en plantaciones forestales. Mexico, DF, Consultoría Forestal y Agropecuaria. pp.71-246.
- FONSECA, E. P. 2000. Padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha* (L.) Blume *Cedrela fissilis* Vell. e *Aspidosperma polyneuron* Müll. Arg. produzidas sob diferentes períodos de sombreamento. Tese de Doutorado. Jaboticabal, SP. 113p.
- GOMES, J. M. et al. 2003. Crescimento de mudas de *Eucalyptus grandis* em diferentes tamanhos de tubetes e fertilização N-P-K. *Revista Árvore* (Brasil) 27(2):113-127.
- GORDON, J. C. 1969. Effect of shade of photosynthesis and dry weight distribution in yellow birch (*Betula Alleghaniensis* Britton) seedlings. *Ecology* 50(5):924-926.
- HARTMANN, H. T. et al. 2002. Plant propagation – Principles and practices. New Jersey, Person Education, Inc.
- JOHNSON, J. D.; CLINE, M. L. 1991. Seedling quality of southern pines. In *Forest regeneration manual*. Netherlands, Springer. pp.143-159.
- LEITE, J. B; SODRÉ, G. A. FONSECA, E.V. 2015. Plantar cacau em novas áreas é um dos segredos para aumentar a produtividade. *Agrianual*(2016) Informa Economics (Brasil) pp.176–179.
- LOGAN, K. T. 1969. Growth of tree seedlings as affected by light intensity. IV. Black spruce, white spruce, balsam fir, and eastern white cedar. Canada, Forestry Service 12p.
- LOPES, U.V. et al. 2015. Origin of the incompatibility allele carried by cacao clone TSH-1188. *Agrotrópica* (Brasil) 27(2):129-132.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. 2009. A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em <http://www.R-project.org>. Acesso em: 8 abr. 2015.
- SCHMIDT-VOGT, H. 1984. Morpho-physiological quality of forest tree seedlings: the present international status of research. In *Simpósio Internacional Métodos de Produção e Controle de Qualidade de Sementes e Mudas Florestais*. pp.366-378.
- SENA GOMES, A. R.; SODRÉ G. A. 2015. Conventional vegetative propagation. In: Laliberté, B., End, M., eds. *Supplying new cocoa planting material to farmers: a review of propagation methodologies*. Rome, Bioversity International. pp. 34-66.
- SIMONS, R. K. 1986. Graft-union characteristics as related to dwarfing in apple (*Malus domestica* Borkh.). *Acta Horticulturae* 160:57-66.
- SODRÉ, G. A.; MARROCOS, P. C. L. 2009. Manual da propagação vegetativa de mudas de cacauzeiro. Ilhéus, BA, EDITUS. 46p.
- SODRÉ, G. A. 2013. Formação de mudas de cacauzeiro, onde nasce a boa cacaucultura. Ilhéus, BA, CEPLAC/CEPEC. Boletim Técnico n. 202. 48p.
- SODRÉ, G. A. et al 2012a. Extrato da casca do fruto do cacauzeiro como fertilizante potássico no crescimento de mudas de cacauzeiro. *Revista Brasileira de Fruticultura* 34(3):881–887.
- SODRÉ, G. A. et al. 2012b. Estado nutricional e transporte de nutrientes em mudas enxertadas de cacauzeiro. *Agrotrópica* (Brasil) 24(2):72–78.
- SOSA-PÉREZ, G.; RODRÍGUEZ-TREJO, D. A. 2003. Efecto de la calidad de planta en la supervivencia y crecimiento de *Pinus patula* en

- un área quemada. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 9(1):35-43.
- STROTHMAN, R. O. 1972. Douglas-fir in Northern California; effects of shade on germination, survival and growth. Berkeley, Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station. 10p. (USDA Forest Service Research Paper, PSW-84).
- WALTERS, J.; KOZAK, A. 1965. Effects of seedling size on survival and growth of plantations with particular reference to Douglas fir. Vancouver, University of British Columbia. 25p. (Research Papers, n.72).
- WESTWOOD, M. N. 1993. Temperate-zone Pomology – Physiology and culture. 3. ed. Portland, Oregon, Timber Press.
- YAMADA, M. M. et al. 2015. Genetic parameters and resistance of cacao progenies to *Ceratocystis* wilt under natural infection. *Agrotrópica (Brasil)* 27(7):215-218. ●

A NEW EPIFOLIAR SPECIES OF *Neopestalotiopsis* FROM BRAZIL

*Michelline Lins Silvério, Maria Auxiliadora de Queiroz Calvacanti, Gladstone Alves da Silva,
Rafael José Vilela de Oliveira, José Luiz Bezerra*

Universidade Federal de Pernambuco - UFPE. Av. Prof. Moraes Rego, 1235 - Cidade Universitária, Recife, Pernambuco,
Brasil. 50670-901. chel_ls@hotmail.com; jlulabezerra@hotmail.com.

Neopestalotiopsis pernambucana, a new Ascomycota species found on leaves of *Vismia guianensis* in Atlantic Rain Forest of Pernambuco State, Brazil, is described and illustrated. The species is characterized by having morphological and DNA data different from the other species of the genus. A key for identification of *Neopestalotiopsis* and *Pestalotiopsis* with sexual morph (previously known as *Pestalosphaeria*) species is also provided. The phylogenetic relationship between *N. pernambucana* and other related species is discussed.

Key words: Amphisphaeriaceae, ITS, taxonomy, *tef1*, tropical fungi.

Uma nova espécie epifoliar de *Neopestalotiopsis* do Brasil. *Neopestalotiopsis pernambucana*, uma nova espécie de Ascomycota encontrada sobre folhas de *Vismia guianensis* na Mata Atlântica de Pernambuco, Brasil é descrita e ilustrada. A espécie é caracterizada por ter dados morfológicos e de DNA diferentes das outras espécies do gênero. Uma chave para identificação das espécies teleomorfas de *Neopestalotiopsis* e *Pestalotiopsis* (previamente alocadas em *Pestalosphaeria*) é apresentada. As relações filogenéticas entre *N. pernambucana* e outras espécies são discutidas.

Palavras-chave: Amphisphaeriaceae, ITS, taxonomia, *tef1*, fungos tropicais.

Introduction

Vismia guianensis (Aubl.) Pers. is a small tree of the Angiosperms group (Angiospermae), Hypericaceae family (Reichardt, 1878) (previously Guttiferae or Clusiaceae). It presents cosmopolitan and neotropical distribution, occurring in Amazonia, Cerrado and Atlantic Forest biomes and almost all Brazilian territory (CRIA, 2007). Viégas (1961) published a catalogue of fungi associated with higher plants from Brazil and South America which lists 10 ascomycetes on *Vismia* species. Later, Mendes et al. (1998) listed the foliicolous fungi studied in Brazil, mentioning only *Hypocrella camerunensis* (Aubl.) Pers., *Micropeltella vismiae* Bat., Peres & Holanda and *Sphaerulina vismiae* Bat. & J.L. Bezerra on *Vismia* spp. However, Farr and Rossman (2016) recorded *Pestalotiopsis* spp. on *V. guianensis*, *V. obtusa* Spruce ex Reichardt, *V. baccifera* (L.) Planch. & Triana and *V. baccifera* subsp. *ferruginea* (Kunth) Ewan in Ecuador and Venezuela.

Pestalotiopsis Steyaert is a cosmopolitan genus frequently reported in many states of Brazil comprising saprobic, pathogenic and endophytic species. The 211 species of *Pestalotiopsis* recorded in Brazil were cataloged in association with 53 host plants (Kruschewsky; Luz; Bezerra 2014). According to Maharachchikumbura et al. (2011), most species of *Pestalotiopsis* lack sexual morphs and only 13 species have been recorded to reproduce sexually, and they were previously treated as belonging to the genus *Pestalotia*. The sexual morph of *Pestalotiopsis* has not been reported in Brazil. The genus *Neopestalotiopsis* was segregated from *Pestalotiopsis* by Maharachchikumbura et al. (2014) based on phylogenetic analysis and morphological differences, such as versicolourous median cells and conidiophores indistinct, often reduced to conidiogenous cells, and according to Index Fungorum currently has 25 recognized species (CABI, 2016).

A new species of *Neopestalotiopsis*, found on *Vismia guianensis* from the Atlantic Rain Forest of Pernambuco State, Brazil, is here described and illustrated.

Materials and Methods

Morphological study - collection, isolation and characterization

During a mycological expedition to the 'Reserva Ecológica de Dois Irmãos' (08°00'36.9"S and 34°56'57.2"W), an important remnant of the Atlantic Rain Forest of Pernambuco State, Northeast of Brazil, attached and fallen spotted leaves of *Vismia guianensis* were collected. Some of the leaves were incubated for about 30 days in moist chambers consisting of Petri dishes lined with wet filter paper. Handmade transversal sections of leaves with the fungus colonies, using a razor blade were mounted between slides and cover slides with PVLG plus cotton blue, Melzer's reagent or water and examined under a light microscope Leica DM500 equipped with a drawing tube and a digital camera. Ascospores obtained 'in nature' were transferred to Potato Dextrose Agar (PDA) culture medium and incubated at temperature about 28°C and 12 hours light/dark regime. The fungal morphological features 'in nature' and artificial medium were described, measured and illustrated. The exsiccates and cultures were deposited in the Herbarium URM and URM Culture Collection of the Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), respectively.

Molecular analyses

The fungal biomass was obtained from cultures grown on malt agar contained in test tubes and kept at 28°C for up to six days. All mycelium was removed from the test tube with the aid of a platinum loop, the material was transferred to 2 mL micro-tubes with screw caps, being added in each tube 0.5 g of glass beads with two different diameters in the 1:1 ratio (acid-washed, 150-212 µm and 425-600 µm; Sigma, U.S. sieve). The material was crushed by stirring at high speed in a FastPrep.

The genomic DNA extraction procedures followed Góes-Neto; Loguerio-Leite; Guerreiro (2005). The mycelium was washed with chloroform:isoamyl alcohol (24:1), followed by a homogenization in CTAB buffer at 2%, isopropanol precipitation, wash in 70% ethanol, and re-suspension in 50 µL of ultrapure water.

For ITS rDNA amplifications the primers ITS5/ITS4 (White et al., 1990) were used. The polymerase chain reactions were carried as described by Oliveira et al. (2014). For *tef1* amplifications the primers EF1-526F/EF1-1567R (Rehner, 2001) were used. The polymerase chain reactions were carried as Maharachchikumbura et al. (2012).

The final amplicons were purified with the PureLink PCR Purification Kit (Invitrogen). Sequencing was performed by the Human Genome Research Center (São Paulo, Brazil). Sequence data were compared with similar sequences available on EMBL and GenBank databases on through BLASTn. The obtained sequences were deposited in the NCBI database under the accession numbers KJ792466 and KJ792467 (ITS rDNA), KU306739 and KU306740 (*tef1*).

Phylogenetic analyses

The phylogeny was reconstructed by analyses from sequences of the ITS1, 5.8s and ITS2 of the rDNA and *tef1* gene. The fungal sequences were aligned in ClustalX (Larkin et al., 2007) and edited with the BioEdit program (Hall, 1999). Prior to phylogenetic analysis, the model of nucleotide substitution was estimated using Topali 2.5 (Milne et al., 2004). Bayesian (two runs over 1×10^6 generations with a burnin value of 2500) and maximum likelihood (1,000 bootstrap) analyses were performed, respectively, in MrBayes 3.1.2 (Ronquist & Huelsenbeck, 2003) and PhyML (Guindon & Gascuel, 2003), launched from Topali 2.5.

Results

Taxonomy

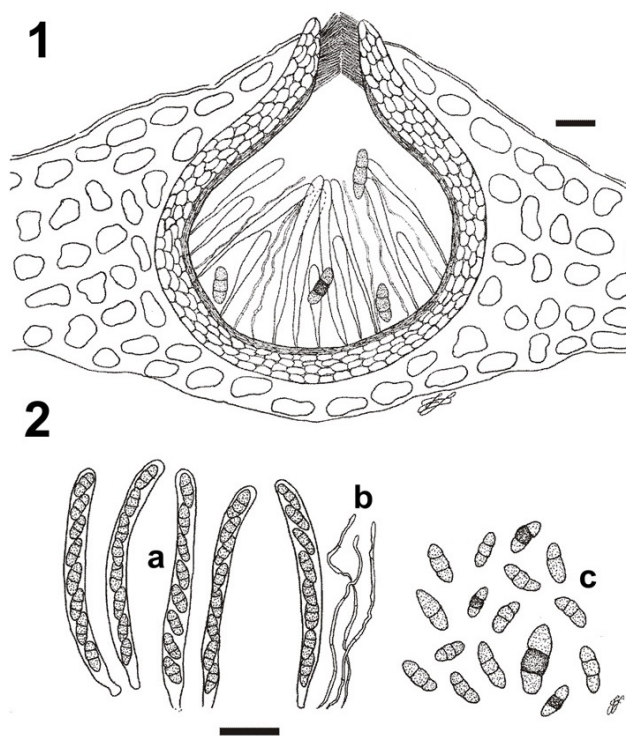
Neopestalotiopsis pernambucana M.L. Silvério, M.A.Q. Cavalcanti et J.L. Bezerra, **sp. nov.**

Figures 1–2, 3

Mycobank MB814915

Etymology – name reflects the original place of the species, Pernambuco State, Brazil.

Follicola. Sexual morph: Ascomata perithecial, epiphyllous, abundant, isolated, immersed in the host tissue, with neck slightly erumpent, subglobose, $170\text{--}205 \times 182.5\text{--}202.5 \mu\text{m}$, unilocular, glabrous, ostiolate, dark brown, stromata none; peridium $15\text{--}27.5 \mu\text{m}$ thick, inner stratum hyaline to subhyaline, composed of elongated, thin-walled, compressed cells; outer stratum more developed, dark brown, with bigger and thicker-walled cells; ostiolar canal periphysate, $32.5\text{--}45 \times 25\text{--}37.5 \mu\text{m}$. Asci unitunicate, 8-spored, cylindrical to clavate-cylindrical, $52.5\text{--}100 \times 7.5\text{--}10 \mu\text{m}$, short-stipitate, stipe $5\text{--}7.5 \mu\text{m}$ high, apical ring amyloid, flattened; paraphyses flexuous, vacuolated, simple, thin, intertwined, smooth, septate, hyaline, semi-evanescent,



Figures. 1–2 – *Neopestalotiopsis pernambucana* on *Vismia guianensis*. **1.** Vertical section of ascomata. **2.** a) Asci; b) Paraphyses; c) Ascospores. Bars = $20 \mu\text{m}$.

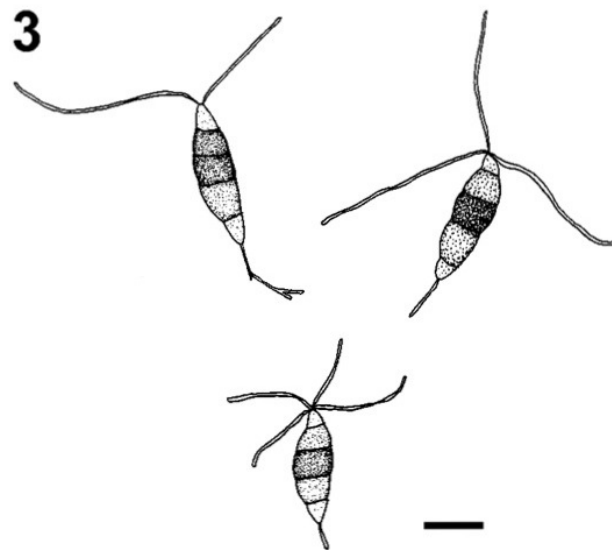


Figure 3 – *Neopestalotiopsis pernambucana*. Conidia with two, three and four apical appendages. Bar = $10 \mu\text{m}$.

2.5 µm wide about the same height of the asci or slightly smaller. Ascospores uniseriate, smooth, usually ellipsoidal, sometimes irregularly oblong, straight to slightly curved, 8–17 (–22) × 4–7.5 (–10) µm, usually 2-septate, occasionally with 1 supramedian septum, slightly constricted in the septa, hyaline while young, becoming olivaceous to brown when mature, concoloured or the middle cell slightly darker.

Asexual morph: Conidiomata acervular, epiphyllous, black, abundant, isolated, sub-epidermal, irregularly distributed on the leaf surface, erumpent at maturity. Conidiophores (conidiogenous cells) hyaline, short. Conidia fusiform to subclavate, smooth, straight, 18–32 × 6–10 µm, 4-septate; three median cells versicoloured, the middle cell or the two upper cells darker; apical cell hyaline to subhyaline, 2–3 (–4) appendages, 7–33 µm long, filiform, simple or branched; basal cell hyaline, 1–2 appendages, 3–15 µm long, simple or occasionally branched.

Colonies on PDA fast-growing, 6.5 cm diam. after five days at about 28°C, white, cottony, odorless, without exudate, with black dots in the center corresponding to the conidiomata (acervuli); reverse smooth, pale cream. Mycelium hyaline, septate, smooth hyphae, 13–22 × 2–6 µm; acervuli isolated or aggregated. Conidia 5-celled (4-septate), fusiform to subclavate, versicoloured, usually with the two upper median cells dark brown, 14–24 × 5–7 µm; apical cell hyaline, with 2–3 appendages, filiform, simple or branched, 8–32 µm long; median cells 11–20 µm long; basal cell hyaline, with 1 (–2) appendage, filiform, simple or scarcely branched, 3–11 µm long.

Material examined – Brazil, Pernambuco, Recife, Reserva Ecológica de Dois Irmãos, 08°00'36.9"S, 34°56'57.2"W, elev. 30 m, on living and fallen leaves of *Vismia guianensis* (Aubl.) Pers. (Clusiaceae), 24 Apr 2009, M.L. Silvério (holotype, UFPE-Herbarium URM, 80210; UFPE-URM Culture Collection, 7148).

Notes - The new proposed species, *N. pernambucana*, differs from other congeneric species by size, septation and form of its ascospores, as shown in the key of the species with sexual morph below. In this study, both conidiomata and conidia developed on PDA presented characters similar to those found in nature. According to Misaghi et al. (1978), conidia obtained from nature are usually more uniform in size and morphology than those from artificial media.

Key to current species of *Pestalotiopsis* and *Neopestalotiopsis* with sexual morphs

1. Ascospores strictly 2-septate..... 2
- 1'. Ascospores 1–3 septate..... 8
2. Asci clavate..... 3
- 2'. Asci cylindrical..... 5
3. Ascospores not constricted at the septa..... *P. eugeniae*
- 3'. Ascospores constricted at the septa..... 4
4. Asci 120–134 × 10–15 µm; ascospores verruculose.....
.....*P. austroamericana*
- 4'. Asci 67–90 × 9–15 µm; ascospores smooth..... *P. alpiniae*
5. Asci more than 9 µm wide..... *P. concentrica*
- 5'. Asci less than 9 µm wide..... 6
6. Perithecia solitary, up to 150 µm diameter..... *P. elaeidis*
- 6'. Perithecia aggregated, more than 150 µm diameter..... 7
7. Ascospores pale brown, ellipsoidal; conidiomata acervular.....
.....*P. leucospermi*
- 7'. Ascospores brown, fusoid; conidiomata pycnidial.....
.....*P. maculiformans*
8. Ascospores verruculose..... *P. varia*
- 8'. Ascospores smooth..... 9
9. Ascospores 1–2 septate, slightly constricted at the septa..... 10
- 9'. Ascospores without the combination of characteristics above..... 11
10. Perithecia 210.5–294.7 µm diameter; asci clavate.....
.....*P. jinggangensis*
- 10'. Perithecia 170–205 µm diameter; asci cylindrical to clavate-cylindrical..... *N. pernambucana*
11. Ascospores 2–3 septate..... 12
- 11'. Ascospores may be 1-septate..... *P. accidenta*
12. Asci oblong-cylindrical to oblong-clavate, 10–12.5 µm wide..... *P. gubae*
- 12'. Asci cylindrical, 7.7–9 µm wide..... *P. hansenii*

Phylogenetic analyses

Phylogenetic analyses from sequences of the ITS gene showed that *Neopestalotiopsis pernambucana* forms a distinct clade (Figure 4) and phylogenetic analyses from sequences of the *tef1* gene separated *N. pernambucana* from other species used in this study, with high bootstrap support (Figure 5).

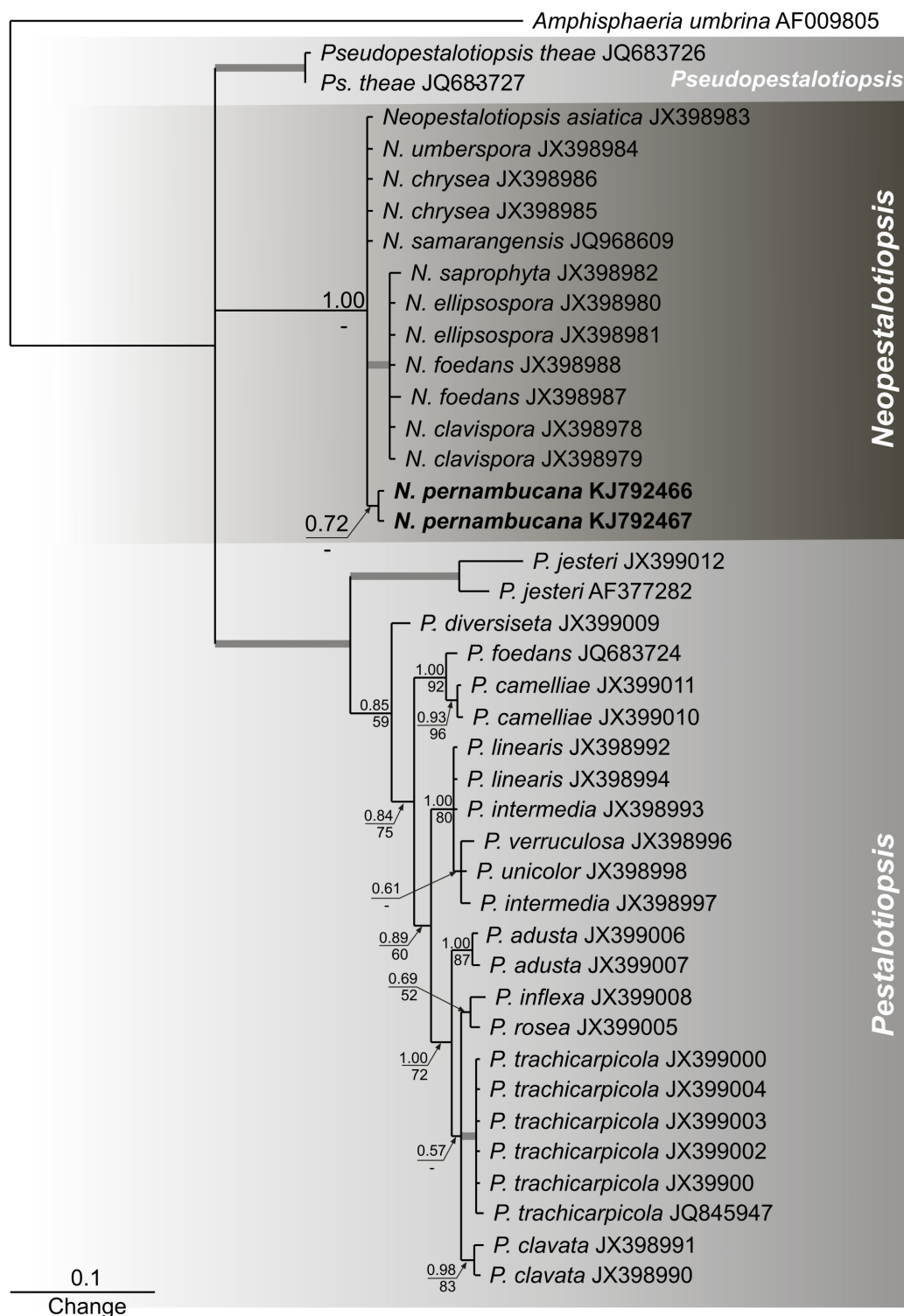


Figure 4 – Phylogenetic tree of the genera *Neopestalotiopsis* obtained by analysis from rDNA sequences (ITS1, 5.8S rDNA and ITS2). Support values are from Bayesian and maximum likelihood (ML) analyses, respectively. Thick branches in grey represent clades with 95% bootstrap support in all analyses. The tree was rooted by *Amphisphaeria umbrina*. The new species is shown in boldface. The database accession number are labeled with the name of the fungal species.

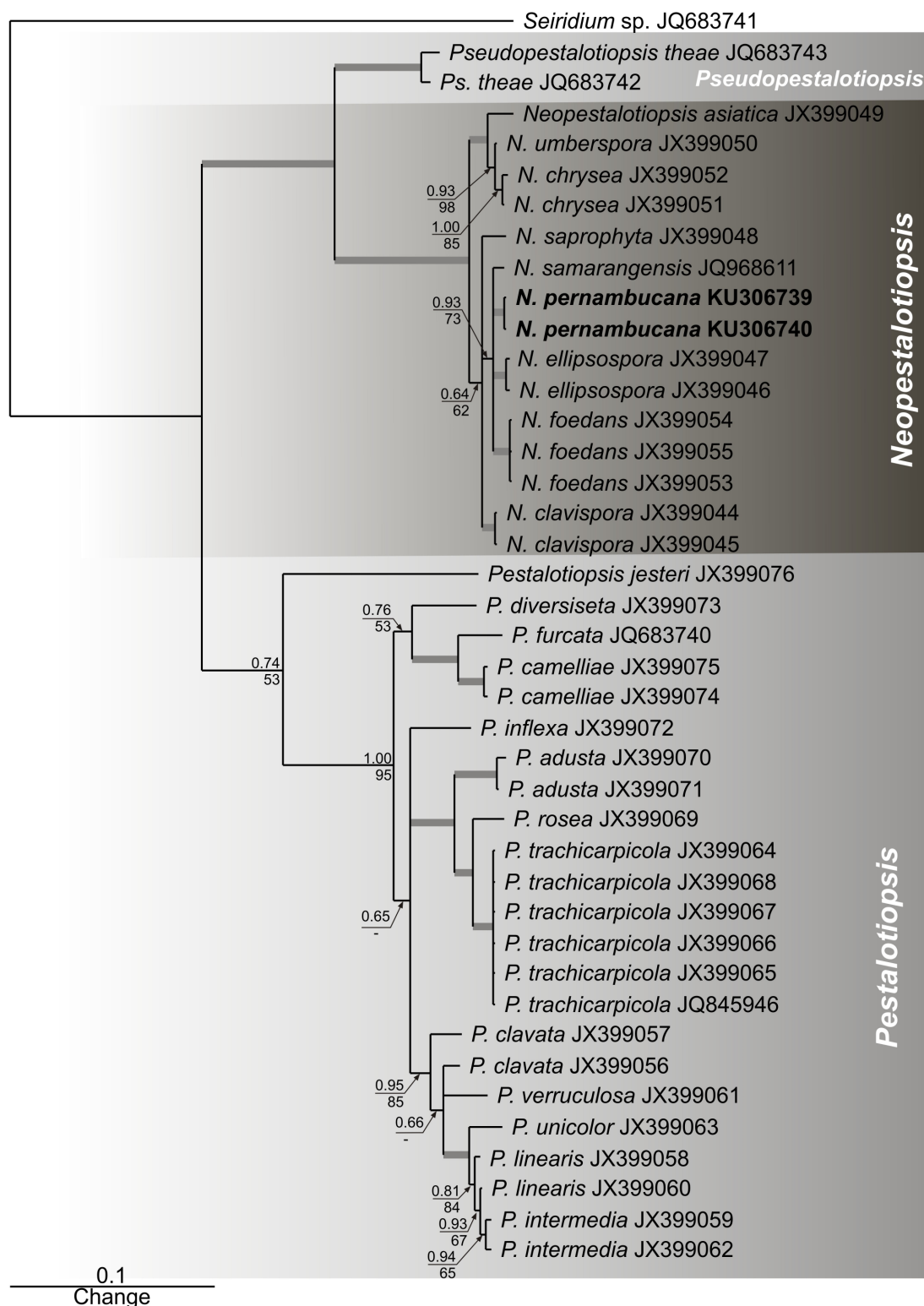


Figure 5 – Phylogenetic tree of the genera *Neopestalotiopsis* obtained by analysis *tef1*. Support values are from Bayesian and maximum likelihood (ML) analyses, respectively. Thick branches in grey represent clades with 95% bootstrap support in all analyses. The tree was rooted by *Seiridium* sp. The new species is shown in boldface. The database accession number are labeled with the name of the fungal species.

Discussion

In the review of the genus *Pestalotiopsis*, Maharachchikumbura et al. (2014) made a phylogenetic reconstruction of the Amphisphaeriaceae based on analysis of LSU of the rRNA sequence data. Furthermore, two novel genera were segregated from *Pestalotiopsis*, namely *Neopestalotiopsis* and *Pseudopestalotiopsis* based on combined morphological and DNA data.

The genus *Pestalosphaeria* (Amphisphaeriaceae, Xylariales) was established in 1975 by Margaret E. Barr, as the sexual morph of *Pestalotiopsis*, to allocate the pathogenic species *P. concentrica*, found on living leaves of *Rhododendron maximum* L., ornamental plant normally cultivated in North-American gardens. The features of the type species included perithecia globose, immerse in the host tissues and with erumpent ostiole, asci cylindrical, 70-95 × 9-12 µm, unitunicate, with short to elongated stipe and apical ring amyloid and ascospores ovoid-elliptical, 13.5-20 × 7-10 µm, brown when mature and 2-septate.

Later, Van der Aa (1976) proposed the transfer of *Leptosphaeria elaeidis* C. Booth & J.S. Robertson for the genus *Pestalosphaeria*, after comparing structural features of the asci. This new combination, *P. elaeidis*, was redescribed and illustrated by Hyde (1996).

In 1982, Shoemaker & Simpson described *Pestalosphaeria hansenii* on *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, while Nag Raj (1979; 1985) found the species *P. austroamericana*, on dead leaves of *Harknessia americana* in Chile and *P. varia*, on pods of *Acacia koa* in Hawaii. The first record of *P. leucospermi* was done by Samuels; Muller; Petrini (1987) in New Zealand and *P. gubae* was discovered in Japan by Kobayashi; Ishihara; Ono (2001). *Pestalosphaeria accidenta*, *P. jinggangensis*, *P. alpiniae* and *P. eugeniae* were reported in China (Zhu et al., 1991; Chi, 1994) and *P. maculiformans* was found in South Africa, on dead leaves of several hosts (Marincowitz et al., 2008).

According to the Amsterdam Declaration on Fungal Nomenclature, only one name can be applied to any fungal species (Hawksworth et al., 2011). Maharachchikumbura et al. (2011) suggested that *Pestalotiopsis* should be adopted instead of

Pestalosphaeria because it is an older and more common name. The genus *Neopestalotiopsis* was introduced by Maharachchikumbura et al. (2014) as sexual morph not observed. The new species presently described is referred to as *Neopestalotiopsis pernambucana* and it is the first species of the genus encountered with the sexual morph. Phylogenetic analysis of the sequences of ITS and *tefl* genes showed that *Neopestalotiopsis pernambucana* forms a distinct clade (Figures 4 and 5) with high bootstrap support. The versicolorous morphology of the conidia, a feature of the genus *Neopestalotiopsis*, corroborate this molecular result.

Acknowledgements

The authors are grateful to the Programa de Pós-Graduação em Biologia de Fungos of the Universidade Federal de Pernambuco (PPGBF-UFPE) for the opportunity given to the first author to obtain her Doctor degree, CEPLAC/CEPEC for the permission to use its laboratories during part of the work, CNPq-Brasil for financial support, Dr. Harry Evans and Dr. Seonju Marincowitz for help with literature acquisition, Dr. Marcondes Albuquerque de Oliveira (PPGBV-UFPE) for botanical identification and MSc. Larissa Trierveiler-Pereira (PPGBF-UFPE) for drawings.

Literature Cited

- BARR, M. E. 1975. *Pestalosphaeria*, a new genus in the Amphisphaeriaceae. *Mycologia* 67:187-193.
- CABI Bioscience. 2016. The CABI Bioscience and CBS Database of Fungal Names. <<http://www.indexfungorum.org/names/Names.asp>>. Access: 06 Jul 2016.
- CHI, P. 1994. Fungal diseases of cultivated medicinal plants in Guangdong Province. Guangdong Academy Press, Guangdong, China.
- CENTRO DE RERERÊNCIA EM INFORMAÇÃO AMBIENTAL - CRIA. 2007. Flora brasiliensis revisitada. CRIA/UNICAMP/Missouri Botanical Garden. <<http://flora.cria.org.br/taxonCard?id=FBR1519>>. Access: 02 Mar 2009.
- FARR, D. F.; ROSSMAN, A.Y. 2016. Fungal databases, systematic mycology and microbiology laboratory, ARS, USDA. <<http://nt.ars-grin.gov/fungaldbases/>>. Access: 06 Jun 2016.

- GÓES-NETO, A.; LOGUERCIO-LEITE, C.; GUERRERO, R. T. 2005. DNA extraction from frozen field-collected and dehydrated herbarium fungal basidiomata: performance of SDS and CTAB-based methods. *Biotemas (Brasil)* 18:19-32.
- GUINDON, S.; GASCUEL, O. 2003. A simple, fast, and accurate algorithm to estimate large phylogenies by maximum likelihood. *Systematic Biology* 52:696-704.
- HALL, T. A. 1999. BioEdit: a user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for Windows 95/98/NT. *Nucleic Acids Symposium Series* 41:95-98.
- HAWKSWORTH, D. L. et al. 2011. The Amsterdam declaration on fungal nomenclature. *IMA Fungus* 2:105-112.
- HYDE, K. D. 1996. Fungi from palms - XXV. *Pestalotia elaeidis*. *Mycotaxon* 57: 353-357.
- KOBAYASHI, T.; ISHIHARA, M.; ONO, Y. 2001. A new species of *Pestalotia*, the teleomorph of *Pestalotiopsis neglecta*. *Mycoscience* 42: 211-216.
- KRUSCHEWSKY, M. C.; LUZ, E. D. M. N.; BEZERRA, J. L. 2014. O gênero *Pestalotiopsis* (Ascomycota, 'Coelomycetes') no Brasil. *Agrotrópica (Brasil)* 26(2):89-98.
- LARKIN, M. A. et al. 2007. Clustal W and Clustal X version 2.0. *Bioinformatics* 23:2947-2948.
- MAHARACHCHIKUMBURA, S. S. N. et al. 2011. *Pestalotiopsis* – morphology, phylogeny, biochemistry and diversity. *Fungal Diversity* 50: 167-187.
- MAHARACHCHIKUMBURA, S. S. N. et al. 2012. A multi-locus backbone tree for *Pestalotiopsis*, with a polyphasic characterization of 14 new species. *Fungal Diversity* 56: 95-129.
- MAHARACHCHIKUMBURA, S. S. N. et al. 2014. *Pestalotiopsis* revisited. *Studies in Mycology* 79: 121-186.
- MARINCOWITZ, S. et al. 2008. Microfungi occurring on Proteaceae in the fynbos. Utrecht, The Netherlands, CBS Biodiversity Series 7:75-77.
- MENDES, M. A. S. et al. 1998. Fungos em plantas no Brasil. Brasília, DF, EMBRAPA-SPI/EMBRAPA-CENARGEN.
- MILNE, I. et al. 2004. TOPALi: Software for Automatic Identification of Recombinant Sequences within DNA Multiple Alignments. *Bioinformatics* 20:1806-1807.
- MISAGHI, I. J. et al. 1978. Influence of environment and culture media on spore morphology of *Alternaria alternata*. *Phytopathology* 68:29-34.
- NAG RAJ, T. R. 1979. Miscellaneous microfungi III. *Canadian Journal of Botany* 57:2489-2496.
- NAG RAJ, T. R. 1985. Redisposals and redescription in the *Monochaetia-Seiridium*, *Pestalotia-Pestalotiopsis* complexes - II. *Pestalotiopsis besseyi* (Guba) comb. nov. and *Pestalotia varia* sp. nov. *Mycotaxon* 22:52-63.
- OLIVEIRA, R. J. V. 2014. *Corniculariella brasiliensis*, a new species of coelomycetes in the rhizosphere of *Caesalpinia echinata* (Fabaceae, Caesalpinioideae) in Brazil. *Phytotaxa* 178:197-204.
- REHNER, S. A. 2001. Primers for Elongation Factor 1-alpha (EF1-alpha). <<http://ocid.nacse.org/research/deephyphae/EF1primer.pdf>>.
- REICHARDT, H. G. 1878. Hypericaceae. Flora brasiliensis, vol. XII, part I, fasc. 81, columnas 180-212. <http://florabrasiliensis.cria.org.br/search?taxon_id=2493>. Access: 25 Jan 2012.
- RONQUIST, F.; HUELSENBECK, J. P. 2003. MrBayes 3: Bayesian phylogenetic inference under mixed models. *Bioinformatics* 19:1572-1574.
- SAMUELS, G. J.; MÜLLER, E.; PETRINI, O. 1987. Studies in the Amphisphaeriaceae (sensu lato) 3. New species of *Monographella* and *Pestalotia*, and two new genera. *Mycotaxon* 28(2):473-499.
- SHOEMAKER, R. A.; SIMPSON JA. 1982. A new species of *Pestalotia* on pine with comments on the generic placement of the anamorph. *Canadian Journal of Botany* 59:986-991.
- VAN DER. AA, H. A. 1976. Progress Report 1975. Royal Netherlands Academy of Arts and Sciences/Verhandelingen der Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen. Tweede Reeks 2(67):86-87.
- VIÉGAS, A. P. 1961. Índice de fungos da América do Sul. Campinas, SP, Instituto Agrônomo.
- WHITE, T. J. et al. 1990. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. In Innis, M.A. eds. PCR protocols: a guide to methods and applications. New York, Academic Press Inc. pp. 315-322.
- ZHU, P.; GE, Q.; XU, T. 1991. The perfect stage of *Pestalotiopsis* from China. *Mycotaxon* 40:129-140.

SEVERIDADE DA PODRIDÃO DOS FRUTOS DE MAMÃO EM PÓS-COLHEITA INFLUENCIADA PELO TIPO DE INOCULAÇÃO E ESTÁDIO DE MATURAÇÃO

Thiago Alves Santos de Oliveira¹, Luiz Eduardo Bassay Blum², Elizabeth Amélia Alves Duarte¹, Daniel Diego Costa Carvalho³ e Edna Dora Martins Newman Luz³

¹Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB/CCAA), Rua Rui Barbosa, 710, Centro, Cruz das Almas-BA, 44380-000. oliveira.tas@gmail.com; elizabethaad@gmail.com. ²Universidade de Brasília/Departamento de Fitopatologia, Campus Universitário Darcy Ribeiro - Asa Norte, Brasília-DF, 70910-700. luizblum@unb.br. ³Universidade Estadual de Goiás/Laboratório de Fitopatologia. Rodovia GO 330, km 241, Anel Viário. Setor Universitário, Ipameri-GO, 75780-000. daniel.carvalho@ueg.br. ⁴Comissão Executiva de Plano da Lavoura Cacaueira (CEPLAC/CEPEC/Seção de Fitopatologia), Rodovia Ilhéus - Itabuna Km 22, Ilhéus-BA, 45600-970. ednadora@ceplac.gov.br.

Das doenças pós-colheita que acometem o mamão, a podridão-dos- frutos (*Phytophthora palmivora* L.) é recorrente nas principais regiões produtoras do Brasil (nordeste e sudeste), especialmente pelas características edafoclimáticas que propiciam o estabelecimento de patógenos atrelado às características peculiares da fruta, como o amadurecimento. Tais fatores caracterizam a necessidade de estudos que abordem aspectos relacionados com a fruta, o patógeno e o ambiente para que possam ser direcionadas medidas eficazes de prevenção e controle da doença. Portanto, este trabalho avaliou o efeito da concentração de inóculo, do tipo de inóculo e de métodos de inoculação (isolados 356, 363 e 1060 de *P. palmivora*) na severidade da podridão de *Phytophthora* no mamão ‘Sunrise Solo’ coletados no extremo sul da Bahia, Brasil que são destinados à exportação. Os tratamentos consistiram em: T1-T3: discos de meio cenoura-ágar (CA) contendo estrutura do patógeno com e sem fita adesiva e algodão, respectivamente; T4-T13: diferentes concentrações de suspensão de zoósporos (10^4 ; 5×10^4 ; 10^5 ; 5×10^5 e 10^6 zoósporos mL^{-1}), sendo: T4-T8: aplicação de 20 μL de cada concentração de suspensão de zoósporos; T9-T13: discos de papel filtro de 5 mm ϕ de diâmetro embebidos em suspensão de zoósporos em diferentes concentrações; T14-T16: testemunhas usando discos de CA com e sem fita adesiva e algodão, respectivamente; T17: testemunha com aplicação de 20 μL de água destilada esterilizada; T18: testemunha usando discos de papel filtro de 5 mm ϕ embebidos em água destilada esterilizada. Frutas inoculadas com discos de meio CA, fermentos e uso de fita adesiva apresentaram maiores lesões (6.335,45; 5.687,45 e 6.866,31 mm^2 para os isolados 356, 363, 1060, respectivamente). Nos mamões onde se usou papel de filtro embebido em suspensão de zoósporos, também foi observada quantidade significativa de doença para os três isolados, no entanto, o isolado 356 provocou maior lesão (4.815,19 mm^2) quando as frutas foram tratadas com suspensão, sem fermentos e concentração de 5×10^5 zoósporos mL^{-1} .

Palavras-chave: Inóculo, Zoósporo, *Carica papaya* L., medidas de controle

Severity of papaya fruit rot in postharvest influenced by inoculation type and maturity stage. The papaya fruit rot (*Phytophthora palmivora*) is recurrent in the main producing regions of Brazil (Northeast and Southeast), especially due to the edaphoclimatic characteristics that favor the establishment of pathogens linked to the peculiar characteristics of the fruit as ripening. These factors characterize the need for studies that approach issues related to the fruit, the pathogen and the environment so that may be recommended effective measures to prevent and control the disease. Therefore, this study evaluated the effect of inoculum concentration, inoculum type and inoculation methods (356, 363 and 1060 isolates of *P. palmivora*) in severity of *Phytophthora* rot in papaya fruit ‘Sunrise Solo’ collected in the extreme south of Bahia. The treatments consisted of T1-T3: carrot-agar medium disks (CA) containing pathogen structure with and without tape and cotton, respectively; T4-T13: different concentrations of zoospores suspension (10^4 ; 5×10^4 ; 10^5 ; 5×10^5 and 10^6 zoospores mL^{-1}); T4-T8: application of 20 μL for each concentrations of zoospores suspension; T9-T13: Filter paper discs (5 mm ϕ) soaked in different concentrations of zoospores suspension; T14-T16: Control using CA disks with and without tape and cotton, respectively; T17: control application of 20 μL of sterile distilled water; T18: control using filter paper discs soaked in sterile distilled water. Fruit inoculated with CA medium disks, with wounds and tape showed higher lesions (6335.45, 5687.45 and 6866.31 mm^2 for isolates: 356, 363 and 1060 respectively). In papaya inoculated with filter paper soaked in zoospore suspension, significant amount of disease was observed for the three isolates, however, isolate 356 caused the bigger lesion (4815.19 mm^2) when the fruits were treated with zoospore suspension, without injuries and at the concentration of 5×10^5 zoospores mL^{-1} .

Key words: Inoculum, Zoospores, *Carica papaya*,

Introdução

A demanda mundial por frutas e hortaliças vem crescendo expressivamente nos últimos anos com destaque para o mamão (*Carica papaya* L.) umas das mais importantes frutas tropicais cultivadas no mundo e também no Brasil (Santana et al., 2004; Sentanin; Amaya, 2007). O mamoeiro é cultivado na quase totalidade do território brasileiro, sendo o Nordeste a maior região produtora, destacando-se a Bahia, seguida pela região Sudeste, destacando-se o Espírito Santo. Estas regiões são responsáveis por cerca de 70% da produção nacional (IBGE, 2015).

O mamão é uma fruta altamente perecível devido ao rápido amadurecimento pós-colheita, portanto, com vida de prateleira relativamente curta, completando o amadurecimento em aproximadamente uma semana sob armazenamento à temperatura ambiente (Jacomino et al., 2003). Neste aspecto, Chitarra e Chitarra (2005) observaram que colheitas precoces - antes da completa maturação fisiológica da fruta - e tardias - fruta totalmente madura - afetam a qualidade, causam baixa resistência física e perdas quantitativas, permitindo, sobretudo a ação de patógenos. Geralmente o ponto de colheita do mamão em plantios comerciais é determinado por características externas subjetivas como, por exemplo, a mudança de cor na casca (Vieira et al., 2000). Assim, no mamão o amadurecimento é caracterizado pela mudança gradual e desuniforme na cor da casca de verde para amarela, com estrias amarelas partindo da região estilar para a inserção penduncular da fruta (Oliveira, 2002).

O mamão é climatérico, fator relevante que o torna suscetível a doenças que se manifestam principalmente na pós-colheita, apesar das infecções ocorrerem na pré-colheita (Dantas et al., 2006). Tais doenças representam 60% de perdas, principalmente em virtude de danos mecânicos os quais favorecem a incidência de doenças aumentando as perdas e tornando-se um entrave para comercialização interna e externa (Chitarra; Chitarra, 2005). A magnitude das perdas em pós-colheita de produtos hortícolas é preocupante, principalmente nas regiões tropicais, por apresentar condições ambientais favoráveis ao desenvolvimento de doenças (Oliveira et al., 2006; Oliveira et al., 2014). Em mamão, uma das principais doenças é a podridão-dos-frutos causada por *Phytophthora palmivora*

(Butler) Butler, cujas perdas podem atingir 20% da produção nas principais regiões produtoras como: Bahia e no Espírito Santo (Liberato et al., 1993; Silva et al., 1999; Trindade e Poltronieri, 2002). Porém, existem poucos estudos para este patossistema fazendo-se necessário o conhecimento das condições favoráveis aos patógenos na interação com o hospedeiro, assim como o estágio fenológico em que o hospedeiro torna-se mais susceptível para o estabelecimento da doença (Borges Neto et al., 2000). O hospedeiro exerce forte influência sobre o sucesso ou fracasso da infecção pelo patógeno, motivo pelo qual deve ser investigada a influência do tipo de inóculo, tipo de inoculação e estágio de maturação da fruta na severidade da doença. Essas práticas ou técnicas aplicadas à pós-colheita podem contribuir para a extensão da vida útil e manutenção das características desejáveis do produto, conforme as exigências dos mercados consumidores (Balbino, 2003). Adicionalmente, é preciso entender a relação fruta/patógeno para cada patossistema considerando os fatores supracitados, para que seja estabelecida relação custo/benefício, uma vez que problemas fitossanitários são inevitáveis, porém, podem ser minimizados com o controle de doenças na pós-colheita (Eckert, 1993).

Diante da posição de destaque do Brasil na produção e exportação de mamão, trabalhos que contribuem para melhorar as condições fitossanitárias, principalmente em pós-colheita, são cruciais para manter esta posição e estabelecer medidas preventivas e de controle de doenças que acometem esta fruta. Diante do exposto, este estudo avaliou a influência da concentração do inóculo, do tipo de inoculação de *P. palmivora* e do estágio de maturação das frutas na severidade da podridão de *Phytophthora* em mamão na pós-colheita.

Material e Métodos

Obtenção dos isolados

Os experimentos foram realizados no Laboratório de *Phytophthora*, Seção de Fitopatologia do Centro de Pesquisa do Cacau (CEPLAC/CEPEC), Bahia, Brasil. Foram utilizados os isolados de *P. palmivora* 356, 363 e 1060, cedidos pela Coleção de *Phytophthora* Arnaldo Gomes Medeiros, sediada no CEPEC. Os isolados foram repicados para placas de

Petri (9 cmØ), contendo meio seletivo PARPH (Kannwischer; Mitchell, 1978) e mantidos por cinco dias a $25 \pm 2^\circ\text{C}$ ao abrigo da luz. Posteriormente foram repicados discos de 5 mm de diâmetro destas culturas para o meio de cultivo cenoura-ágar (CA). As placas foram mantidas sob luz contínua a $25 \pm 2^\circ\text{C}$, durante nove dias, visando à esporulação. Após a inoculação em frutas de mamoeiro e manifestação dos sintomas, os isolados foram reisolados no meio seletivo PARPH e as culturas mantidas em tubos de ensaio contendo CA e preservadas pelo método de Castellani (1963) até sua utilização nos ensaios.

As suspensões de *P. palmivora* foram obtidas a partir de 20 placas de Petri (9 mmØ com meio CA) contendo esporângios do patógeno. A cada placa foram adicionados 8 mL de água destilada esterilizada (ADE) a 4°C . Para liberação dos zoósporos, as placas foram submetidas a choque térmico ($5 \pm 2^\circ\text{C}$) por 20 minutos seguidos de ($25 \pm 2^\circ\text{C}$) por 25 minutos. Posteriormente, a concentração de zoósporos foi determinada em câmara de Neubauer adicionando-se a ela 20 µL de solução fixadora FAA (formol, álcool e ácido acético) para a paralisação e contagem dos zoósporos.

Em todos os experimentos foram utilizadas frutas sadias de mamão da variedade “Sunrise Solo” provenientes de pomares da Fazenda Alegria (Vera Cruz - BA). Inicialmente, todas as frutas de mamão foram previamente lavadas com sabão e água corrente e desinfestadas com hipoclorito de sódio (NaClO) a 1% e secas em temperatura ambiente.

Influência dos tipos de inóculo e método de inoculação na podridão das frutas

Para fins de padronização do método mais eficaz visando à inoculação de *P. palmivora* em mamão, foram testados diferentes tipos de inóculo e métodos de inoculação em mamões no estágio 2 de maturação (Ritzinger e Souza, 2000), na região equatorial da epiderme das frutas (Tabela 1). Os dois tipos de inóculo consistiram em: 1) disco de meio CA com 5 mmØ, contendo estruturas do patógeno (Tabela 1), com diferentes métodos de aplicação nas frutas (com e sem fita adesiva e algodão embebido em água destilada; 2) suspensão de zoósporos em cinco concentrações (10^4 ; 5×10^4 ; 10^5 ; 5×10^5 e 10^6 zoósporos mL^{-1}) inoculadas nas frutas com discos de papel filtro de 5 mmØ,

embebidos em 20 µL das supracitadas suspensões de zoósporos. Para todos os tratamentos foi testado o efeito de ferimento na profundidade de 2 mm, feitos com furador de cinco estiletes. Os tratamentos foram submetidos à câmara úmida com duas frutas e incubadas por 72h a $25 \pm 2^\circ\text{C}$. Nos tratamentos-testemunha utilizou-se apenas aplicação de ADE.

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado com 18 tratamentos, 2 métodos de inoculação, três isolados e 10 repetições por tratamento, e uma fruta como unidade amostral, totalizando 1080 frutas avaliadas. Foram realizados dois experimentos distintos para comprovação de dados em diferentes períodos.

Influência do estágio de maturação das frutas na severidade da doença

Foram testadas frutas nos estágios de maturação 0 a 5 (0 = fruta crescida e desenvolvida (100% verde); 1 = fruta com até 15% da superfície amarela; 2 = fruta com até 25% da superfície amarela; 3 = fruta com até 50% da superfície amarela; 4 = fruta com 50 a 75% da superfície amarela; 5 = fruta com 76 a 100% da superfície amarela), como proposto por Ritzinger e Souza (2000). A inoculação foi feita com discos de papel filtro esterilizado embebidos em suspensão de 5×10^5 zoósporos mL^{-1} e depositados na superfície intacta da região equatorial da fruta.

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com seis tratamentos, três isolados e 10 repetições, uma fruta como unidade amostral, totalizando 180 frutas. Foram realizados dois experimentos distintos para comprovação de dados em diferentes períodos. A mensuração da área de lesão provocada pelo patógeno (severidade da infecção) foi realizada depois de retirada a câmara úmida, 72 horas após a inoculação, diariamente durante seis dias. As áreas de lesão foram medidas em dois sentidos diametralmente opostos, pela fórmula:

$$S = (\pi \times D1 \times D2) / 4;$$

Sendo: S = área da colônia; D1 = diâmetro 1; D2 = diâmetro 2.

Análise estatística

As médias dos valores obtidos foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$), utilizando o programa SISVAR 5.6 (Ferreira, 2011). Os dados

Tabela 1. Diferentes tipos de inóculo e métodos de inoculação com e sem ferimento testados para avaliar a severidade da podridão dos frutos de mamoeiro causada por *Phytophthora palmivora* na pós-colheita

Tratamentos	Método de aplicação	Tipo de inoculação
T01	Com fita adesiva	Discos de meio CA ^x contendo estruturas do patógeno
T02	Sem fita adesiva	
T03	Com algodão	
T04	Aplicação de 20 µL	Suspensão a 10 ⁴ zoósporos mL ⁻¹
T05		Suspensão a 5x10 ⁴ zoósporos mL ⁻¹
T06		Suspensão a 10 ⁵ zoósporos mL ⁻¹
T07		Suspensão a 5x10 ⁵ zoósporos mL ⁻¹
T08		Suspensão a 10 ⁶ zoósporos mL ⁻¹
T09	Discos de papel filtro esterilizados de 5 mmØ	Suspensão a 10 ⁴ zoósporos mL ⁻¹
T10		Suspensão a 5x10 ⁴ zoósporos mL ⁻¹
T11		Suspensão a 10 ⁵ zoósporos mL ⁻¹
T12		Suspensão a 5x10 ⁵ zoósporos mL ⁻¹
T13		Suspensão a 10 ⁶ zoósporos mL ⁻¹
T14	Com fita adesiva	Testemunha com discos de meio CA
T15	Sem fita adesiva	Testemunha com discos de meio CA
T16	Com algodão	Testemunha com discos de meio CA
T17	Aplicação de 20 µL de ADE ²	Testemunha
T18	Discos de papel filtro esterilizados de 5 mmØ embebidos em ADE	Testemunha

^xMeio cenoura-ágar; ²Água destilada esterilizada

obtidos nos experimentos foram submetidos à análise de regressão linear e não linear, para selecionar os modelos com os melhores ajustes às curvas de severidade da podridão da fruta, com base no coeficiente de determinação (R²) e no quadrado médio do resíduo (QMR), e a significância das regressões verificada pelo teste F ($p \leq 0,05$). Todas as análises de regressão foram efetuadas pelo programa Sigma PlotTM 11.

Resultados e Discussão

Todos os isolados de *P. palmivora* estudados foram patogênicos às frutas de mamão. Os sintomas da doença constituíram-se na formação de lesão úmida típica, com podridão inicial evoluindo para lesões cobertas por massa esbranquiçada de aspecto

cotonoso, constituída pelo micélio do fungo. Não houve diferença estatística ($p \leq 0,05$) entre as duas conduções do experimento, sendo possível, portanto, utilizar dados combinados e análise conjunta.

Influência do método de inoculação na podridão das frutas

A inoculação com disco contendo estruturas de *P. palmivora* e ferimentos (T1, T2 e T3) para os três isolados estudados (356, 363 e 1060) resultou em maiores lesões sobre o hospedeiro (Tabela 2), diferindo estatisticamente dos demais tratamentos, mesmo naqueles com maiores concentrações de zoósporos. Esse resultado pode estar associado às variações existentes na agressividade de cada isolado (Oliveira et al., 2016). Isso pode ser explicado por fatores externos, como as diferenças edafoclimáticas das regiões de onde

Tabela 2. Influência do tipo de inóculo e do método de inoculação na severidade (área lesionada) da podridão dos frutos inoculados com três isolados de *Phytophthora palmivora* (356; 363e 1060) na pós-colheita, seis dias após a retirada da câmara úmida

Tratamentos	Área lesionada (mm ²)					
	Com Ferimento			Sem Ferimento		
	356	363	1060	356	363	1060
T01 ^k	6335,45 gD ^{xy}	5687,45 fC	6866,31 gD	4947,48 dB	4214,91 dA	5536,80 eC
T02	5429,32 fC	4911,32 eC	6029,22 fD	3199,92 bB	2467,35 cA	3789,24 dB
T03	4176,55 eC	4836,55 eC	5304,45 fC	3121,26 bB	2388,69 cA	3710,58 dB
T04	2494,58 cC	1454,58 bB	1934,58 bB	0,00 aA	0,00 aA	742,12 aB
T05	3016,63 cD	1656,63 bC	2456,31 cD	771,61 aB	0,00 aA	1261,04 bC
T06	4603,82 eE	3663,82 dD	4043,23 eD	2816,42 bC	816,42 bA	1919,46 bB
T07	4395,81 eC	3985,81 dC	4067,83 eC	3846,98 cC	1846,98 cA	2950,02 cB
T08	4645,70 eC	3825,70 dC	4317,42 eC	4058,72 cC	2058,72 cA	3161,76 cB
T09	1710,16 bB	1073,16 bB	1445,52 bB	413,90 aA	0,00 aA	1413,90 bB
T10	3403,59 dC	2766,59 cA	3138,99 dC	2331,08 bA	1207,54 bA	3331,08 cC
T11	3874,05 dC	3237,05 cB	3609,36 dC	3104,80 bB	1981,26 cA	4104,80 dC
T12	4561,07 eA	4278,07 dA	4464,12 eA	4815,19 dA	4181,19 dA	4677,33 eA
T13	4255,57 eA	3972,57 dA	4158,83 eA	5236,87 dB	4602,87 dA	5099,01 eB
T14	0,00 aA	0,00 aA	0,00 aA	0,00 aA	0,00 aA	0,00 aA
T15	0,00 aA	0,00 aA	0,00 aA	0,00 aA	0,00 aA	0,00 aA
T16	0,00 aA	0,00 aA	0,00 aA	0,00 aA	0,00 aA	0,00 aA
T17	0,00 aA	0,00 aA	0,00 aA	0,00 aA	0,00 aA	0,00 aA
T18	0,00 aA	0,00 aA	0,00 aA	0,00 aA	0,00 aA	0,00 aA
C.V.(%)	9,28	11,00	9,98	15,14	17,57	13,50

^xMédias de 10 repetições. ^yMédias seguidas pela mesma letra minúscula na vertical e maiúscula na horizontal foram agrupadas estatisticamente pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$). ^kT1-T3: Discos de meio CA contendo estruturas do patógeno, com e sem fita adesiva e algodão, respectivamente; T4-T13: diferentes concentrações da suspensão de zoósporos (10^4 ; 5×10^4 ; 10^5 ; 5×10^5 e 10^6 zoósporos mL⁻¹); T4-T8: aplicação de 20 µL de cada concentração da suspensão de zoósporos; T9-T13: discos de papel filtro 5 mmØ embebidos em cada concentração da suspensão de zoósporos; T14-T16: testemunhas usando discos de meio cenoura-água, com e sem fita adesiva e algodão, respectivamente; T17: testemunha com aplicação de 20 µL de água destilada esterilizada; T18: testemunha usando discos de papel filtro 5 mmØ embebidos em água destilada esterilizada.

foram obtidos os isolados ou por fatores internos, em que um isolado dentro da mesma espécie difere de outro devido a suas características genéticas. Situação similar ocorreu com diferentes isolados de *P. Infestans* em batata que apresentaram diferenças significativas quanto a agressividade entre os isolados da mesma região e distintas (Mejeed et al., 2014).

As injúrias provocadas nas frutas facilitaram a penetração do patógeno e, portanto, o processo de infecção ocorreu precocemente nestes tratamentos. Além disso, os tecidos injuriados aumentaram a atividade metabólica das células feridas (Guzmán et al., 1999) provocando elevação da taxa de respiração, indução da síntese de etileno e aumento da perda de água que resultou na acelerada deterioração das frutas (Oliveira et al., 2006). Porém, quando os tratamentos foram submetidos à inoculação sem ferimentos,

somente o T1 (disco de meio contendo estruturas do patógeno) e os tratamentos T12 e T13 (disco de papel filtro embebidos em suspensão de zoósporos) não diferiram entre si, sobretudo nas concentrações de 5×10^5 e de 10^6 zoósporos mL⁻¹ que apresentaram lesões maiores sobre o hospedeiro, diferindo dos demais tratamentos (Tabela 2). Fungos como *P. palmivora* que penetram por meio da superfície intacta da planta mostram-se aptos para degradar enzimaticamente essa barreira pela produção de cutinase, o que se constitui, para alguns, em fator-chave na patogenicidade.

Estudos com outros patossistemas na pós-colheita (manga x *Lasioidiplodia theobromae* e *Fusicoccum parvum*, banana x *Colletotrichum musae*, cacau x *Phytophthora palmivora*) reportam que há influência da inoculação com disco de meio de cultura contendo estruturas dos fitopatógenos, inclusive são responsáveis

por maiores áreas de lesões em frutas (Oliveira et al., 2008). Esta resposta está diretamente relacionada à presença de fonte extra de substrato (meio de cultura com patógeno), embora tal situação não seja observada com frequência na natureza.

A inoculação utilizando suspensão de zoósporos justifica-se pela padronização na quantidade de inóculo depositada sobre a superfície do hospedeiro. Estudo realizado por Oliveira et al. (2014) verificou que a severidade da doença em frutas de mamoeiro quando inoculados nas concentrações 10^6 e 10^7 zoósporos mL^{-1} de *P. palmivora* não diferiu significativamente. O aumento da severidade da podridão dos frutos com a elevação da concentração de inóculo do patógeno destaca a importância da redução do inóculo para minimizar os riscos de epidemias na pós-colheita (Oliveira et al., 2006), uma vez que a disponibilidade e a quantidade de inóculo são pré-requisitos para o surgimento de infecções. Em vários patossistemas a ocorrência de epidemias em um curto espaço de tempo está diretamente ligada ao número de propágulos do patógeno dentro ou próximo dos campos com plantas hospedeiras (Sussel et al., 2011).

Para testes de patogenicidade, bem como para estudos genéticos, citológicos e taxonômicos, torna-se necessária grande quantidade de esporos para permitir uma adequada padronização da concentração das suspensões para inoculação. Assim, deficiências na inoculação têm sido apontadas como a principal causa da alta variabilidade de dados obtida em experimentos realizados em ambiente controlado (Pereira et al., 1998; Pereira et al., 2006; Oliveira et al., 2008; Majeed et al., 2014; Oliveira et al., 2016).

Efeito do estágio de maturação na severidade da podridão das frutas

Os três isolados de *P. palmivora* provocaram infecção nas frutas nos diferentes estádios de maturação sem diferença estatística entre eles (Tabela 3). Contudo, as maiores áreas de lesão foram observadas no estágio 5 para os isolados 356 (7450,92 mm^2); 363 (6851,09 mm^2) e 1060 (7226,60 mm^2). Este resultado sugere que houve influência direta do estágio de maturação com o avanço da doença, ou seja, o ARR (*Age Related Resistance*) que relaciona a reação de resistência ao estágio fenológico ou resistência relacionada à idade em vários patossistemas (Panter & Jones, 2002;

Whallen, 2005; Alcazar et al., 2012). Adicionalmente, com o avançar dos estádios de maturação ocorrem mudanças na superfície da fruta as quais são fator chave na resistência e suscetibilidade do hospedeiro aos fitopatógenos. Nos patossistemas *Colletotrichum musae* e banana (*Musa* spp.) foi observada a relação direta do ARR com aumento de doença (Chillet et al., 2006; Pessoa et al., 2007). Entretanto, nos estudos com pepino infectado por *P. capsici* houve influência do ARR com a superfície da fruta em um estágio de maturação avançado que sugere uma associação entre a transição de suscetibilidade e a resistência (Ando et al., 2015). Nos estudos com manga (*Mangifera indica* cv. Tomy) inoculadas com *Lasiodiplodia theobromae* e *Fusicoccum parvum* as lesões aumentavam à medida que o estágio de maturação avançava, independentemente do tipo de inóculo e local de inoculação (Oliveira et al., 2008).

Ou seja, as variações biológicas decorrentes do estágio de maturação são intrínsecas a cada hospedeiro (fruta) os quais implicam na severidade da doença de forma particular em cada patossistema com influência direta na pós-colheita. Portanto, com o avanço da maturação de frutas ocorrem diminuições na produção e/ou liberação de determinados compostos fenólicos e fitoalexinas diretamente relacionados a quebra de resistência e aumento da suscetibilidade (Chitarra e Chitarra, 2005); mudanças na composição das camadas celulares das frutas (cutículas e ceras) que exercem importantes funções protetoras a danos bióticos e abióticos (Matas et al., 2004; Matas et al., 2005); diminuição da firmeza da fruta como consequência da perda da adesão celular acompanhada de aumento da solubilidade e despolimerização (Wakabayashi, 2000); diferenciação das estruturas da parede celular primária incluindo pectina, hemicelulose e celulose (Huber et al., 2001; Ali et al., 2004).

A interação entre o estágio de maturação e isolados do patógeno foi significativa. O modelo polinomial quadrático: $y = a + bx + cx^2$

onde y = área lesionada e x = o estágio de maturação, proporcionou ajuste da curva de progresso da severidade da doença em função do estágio de maturação da fruta, com coeficientes de determinação (R^2) variando entre 95,93 (1060) e 97,27 (363) (Figura 1). Daí conclui-se que o estágio

Tabela 3. Efeito do estágio de maturação de mamão 'Sunrise solo' na severidade da podridão dos frutos inoculados com três isolados de *Phytophthora palmivora* (356; 363e 1060), seis dias após a retirada da câmara úmida

Isolados	Estádio de Maturação					
	0 ^z	1	2	3	4	5
356	445,39 aA ^{xyk}	3508,53 aB	4815,19 aC	5236,87 aD	7126,28 bE	7450,92 aE
363	313,59 aA	2822,33 aB	4181,19 aC	4602,87 aC	5718,98 aD	6851,09 aE
1060	381,45 aA	3433,09 aB	4677,33 aC	5099,01 aC	6103,28 aD	7226,60 aE
C.V(%)	6,59					

^xMédias de dez repetições. ^yMédias seguidas pela mesma letra minúscula na vertical e maiúscula na horizontal foram agrupadas estatisticamente pelo teste de Scott-Knott ($p = 0,05$). ^kMédias das áreas lesionadas em mm²; ^zestádio de maturação: 0- fruto crescido e desenvolvido (100% verde); 1- fruta com até 15% da superfície amarela; 2- fruta com até 25% da superfície amarela; 3- fruta com até 50% da superfície amarela; 4- fruta com 50 a 75% da superfície amarela; 5- frutas com 76 a 100% da superfície amarela.

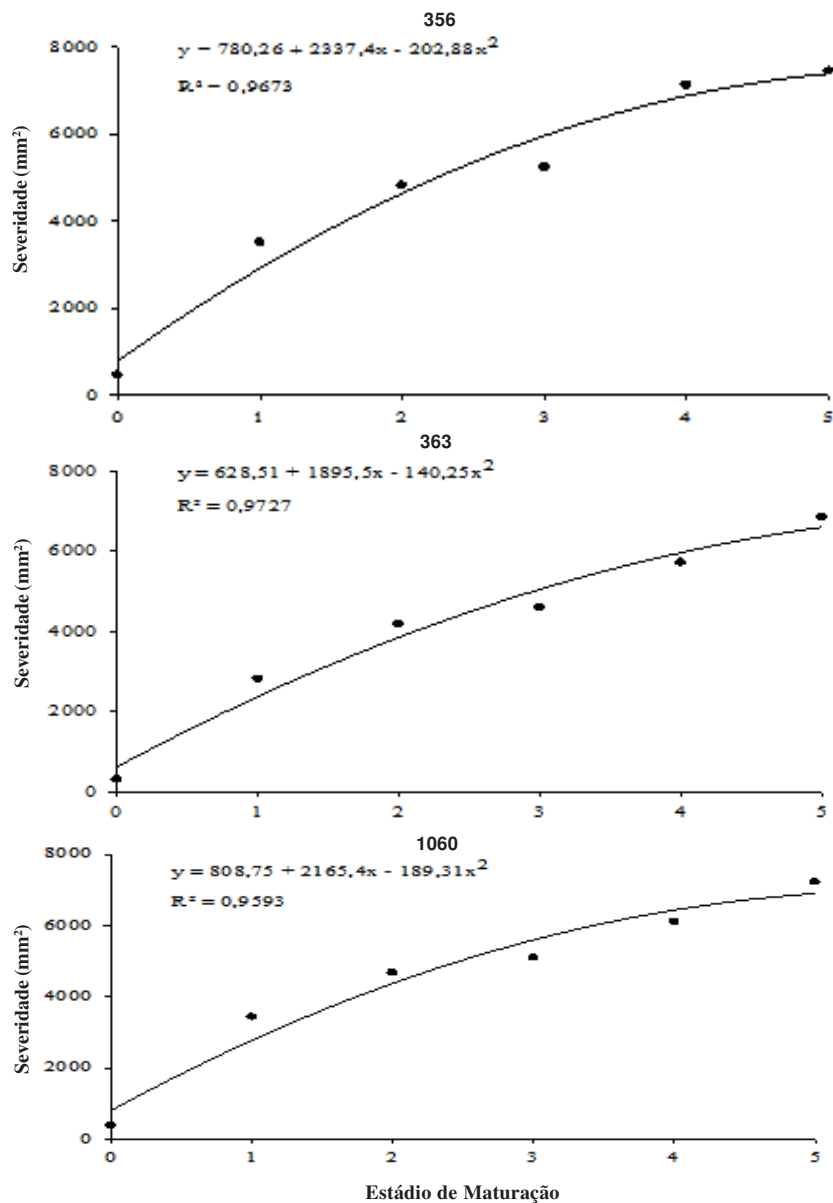


Figura 1. Influência dos estádios de maturação na severidade da podridão dos frutos de mamoeiro inoculados com três isolados de *Phytophthora palmivora*, seis dias após a retirada da câmara úmida.

de maturação mais avançado está associado ao aumento da infecção, e que é um fator preponderante neste patossistema.

A redução das perdas em pós-colheita na cadeia produtiva de frutas representa um constante desafio, considerando que as frutas são órgãos que apresentam alto teor de água e nutrientes e, mesmo depois da colheita até a senescência, mantêm vários processos biológicos em atividade, apresentando desta forma maior predisposição a distúrbios fisiológicos, danos mecânicos e à ocorrência de podridões. A aparência das frutas é o primeiro fator responsável por sua aceitação e pode ser limitante à sua comercialização. Tanto a aparência quanto suas características de sabor e aroma podem ser severamente comprometidas por infecções fúngicas.

Conclusões

1) As inoculações usando discos de meio CA contendo estruturas de *P. palmivora* e ferimentos resultaram no desenvolvimento de lesões maiores para qualquer isolado considerado.

2) Para qualquer isolado o estágio de maturação influenciou significativamente na ocorrência da podridão das frutas do mamoeiro e contribuiu para o aumento da severidade das lesões.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsa de doutorado e bolsas PQ. Ao proprietário da Fazenda Alegria pelo fornecimento das frutas utilizados neste trabalho e a Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (CEPLAC), Centro de Pesquisa do Cacau pelo apoio logístico e técnico que permitiu a realização desta pesquisa.

Literatura Citada

- ALCAZAR, R. et al. 2012. Genetic and evolutionary perspectives on the interplay between plant immunity and development. *Current Opinion in Plant Biology* 12:378-384.
- ALI, Z. M.; CHIN, L. H.; LAZAN, H. A. 2004. Comparative study on wall degrading enzymes, pectin modifications and softening during ripening of selected tropical fruits. *Plant Science* 167: 317-327.
- ANDO, K. et al. 2015. Exocarp properties and transcriptomic analysis of cucumber (*Cucumis sativus*) fruit expressing age-related resistance to *Phytophthora capsici*. *Plos One* 10:1-20.
- BALBINO, J. M. S. 2003. Colheita, pós-colheita e fisiologia de amadurecimento do mamão. In: Martins, D. S.; Costa, A. F. S. A cultura do mamoeiro: tecnologia de produção. Vitória, ES, INCAPER. pp. 405-439.
- BORGES NETO, C. R. et al. 2000. Influência da idade da planta, período de molhamento de umidificação e concentração de inóculo no desenvolvimento de sintomas provocados por *Cercospora caricis* em tiririca. *Fitopatologia Brasileira* 25:138-142.
- CASTELLANI, A. 1963. The “water cultivation” of pathogenic fungi. *Journal of Tropical Medicine and Hygiene* 66:283-284.
- CHILLET, M. et al. 2006. Effects of the physiological age of bananas on their susceptibility to wound anthracnose due to *Colletotrichum musae*. *Plant Disease* 90:1181-1185.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. 2005. Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manejo. 2. ed. Lavras, MG, UFLA. 785p.
- DANTAS, S. A. F.; OLIVEIRA, S. M. A. 2006. Doenças do mamão. In: Oliveira, S. M. A.; Terao, D.; Dantas, S. A. F.; Tavares, S. C. C. O. Patologia pós-colheita: frutas, olerícolas e ornamentais tropicais. Brasília, DF, Embrapa Informação Tecnológica. pp. 695-727.
- ECKERT, J. W. 1993. Post-harvest diseases of citrus fruits. *Agriculture Outlook* 54:225-232.
- FERREIRA, D. F. 2011. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia (Brasil)* 35: 1039-1042.
- GUZMÁN, I. L.; CANTWELL, M.; BARRETT, D. M. 1999. Fresh-cut cantaloupe: effects of CaCl₂ dips and heat treatments on firmness and metabolic activity. *Postharvest Biology and Technology* 17:201-213.

- HUBER, D. J.; KARAKURT, Y.; JEONG, J. 2001. Pectin degradation in ripening and wounded fruits. *Revista Brasileira Fisiologia Vegetal* 13: 224-241.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE. Produção agrícola municipal. IBGE, 2015. Disponível em: <<http://www.ibge.com.br>> Acesso em: 07 Mar. 2016.
- JACOMINO, A. P.; BRON, I. U.; KLUGE, R. A. 2003. Avanços em tecnologia pós-colheita de mamão. In: Martins, D. S. *Papaya Brasil: qualidade do mamão para o mercado interno*. Vitória, ES, INCAPER. pp. 277-289.
- KANNWISCHER, M. E.; MITCHELL, D. J. 1978. The influence of a fungicide on the epidemiology of black shank of tobacco. *Phytopathology* 68: 1760-1765.
- LIBERATO, J. R. et al. 1993. Ocorrência de *Phytophthora* em mamoeiro (*Carica papaya* L.) no Estado do Espírito Santo. *Fitopatologia Brasileira* 18:324-324.
- MAJEED, A.; CHAUDHRY, Z.; MUHAMMAD, Z. 2014. Variability of the aggressiveness of *Phytophthora infestans* pathotypes collected from different potato fields of Khyber Pakhtunkhwa (Pakistan). *International Journal of Agriculture & Biology* 16:807-812.
- MATAS, A. J.; CUARTERO, J.; HEREDIA, A. 2004. Phase transitions in the biopolyester cutin isolated from tomato fruit cuticles. *Thermochimica Acta* 409:165-168.
- MATAS, A. J.; LOPEZ-CASADO, G.; CUARTERO, J.; HEREDIA, A. 2005. Relative humidity and temperature modify the mechanical properties of isolated tomato fruit cuticles. *American Journal of Botany* 92:462-468.
- OLIVEIRA, M. A. B. et al. 2002. Caracterização do estágio de maturação do papaia 'Golden' em função da cor. *Revista Brasileira de Fruticultura* 24:569-561.
- OLIVEIRA, S. M. A. et al. 2006. Patologia pós-colheita: frutas, olerícolas e ornamentais tropicais, Brasília, DF, Embrapa Informação Tecnológica. 855p.
- OLIVEIRA, T. A. S. et al. 2008. Efeito do estágio de maturação, tipo de inóculo e local de inoculação na severidade da podridão peduncular em manga. *Tropical Plant Pathology* 33:409-414.
- OLIVEIRA, T. A. S. et al. 2014. Fatores epidemiológicos de *Phytophthora palmivora* afetando a severidade da podridão-dos-frutos do mamoeiro na pós-colheita. *Summa Phytopathologica (Brasil)* 40:256-263.
- OLIVEIRA, T. A. S. et al. 2016. Variability of aggressiveness and virulence of *Phytophthora palmivora* influencing the severity of papaya fruit rot in postharvest in Bahia, Brazil. *Científica (Brasil)* 44:185-195.
- PANTER, S. N.; JONES, D. A. 2002. Age-related resistance to plant pathogens. *Advances in Botanical Research* 38:251-280.
- PEREIRA, J. C. R. et al. 1998. Efeito de diferentes meios de cultura sobre a esporulação e o potencial de inóculo de *Colletotrichum lindemuthianum*. *Summa Phytopathologica (Brasil)* 24:186-188.
- PEREIRA, A. L.; SILVA, G. S.; RIBEIRO, V. Q. 2006. Caracterização fisiológica, cultural e patogênica de diferentes isolados de *Lasiodiplodia theobromae*. *Fitopatologia Brasileira* 31:572-578.
- PESSOA, W. R. L. S. et al. 2007. Efeito da temperatura e período de molhamento sobre o desenvolvimento de lesões de *Colletotrichum musae* em banana. *Summa Phytopathologica (Brasil)* 33:147-151.
- RITZINGER, C. H. S. P.; SOUZA, J. S. 2000. Mamão: Fitossanidade. Cruz das Almas, BA, EMBRAPA. 91p.
- SANTANA, L. R. R. et al. 2004. Genótipos melhorados de mamão (*Carica papaya* L.): avaliação sensorial e físico-química dos frutos. *Ciência e Tecnologia de Alimentos* 24:217-222.
- SENTANIN, M. A.; AMAYA, D. B. R. 2007. Teores de carotenóides em mamão e pêssego determinados por cromatografia líquida de alta eficiência. *Ciência e Tecnologia de Alimentos (Brasil)* 27:13-19.
- SILVA, G. S.; URBEN, A. F.; DOIHARA, I. P. 1999. Ocorrência de *Phytophthora palmivora* em mamoeiro no Estado do Maranhão. *Fitopatologia Brasileira* 18:32.

- SUSSEL, A. A. B. et al. 2011. Incidência e severidade do mofo-cinzento-da-mamoneira sob diferentes temperaturas, períodos de molhamento e concentração de conídios. *Summa Phytopathologica (Brasil)* 37:30-34.
- TRINDADE, D. R.; POLTRONIERE, L. S. 2002. *Phytophthora palmivora* causando podridão dos frutos em mamoeiro no Pará. *Fitopatologia Brasileira* 27:422.
- VIEIRA, G. et al. M. B. 2000. Influência da cultivar e do estágio de maturação em algumas características de frutos de mamão durante a pós-colheita. *Revista Brasileira de Fruticultura* 22:244-247.
- WAKABAYASHI, K. 2000. Changes in cell wall polysaccharides during fruit ripening. *Journal Plant Research* 113:231-237.
- WHALLEN, M. C. 2005. Host defense in a developmental context. *Molecular Plant Pathology* 6:347-360.
-

PROCESSOS HISTÓRICOS INFLUENCIANDO A ELEVADA RIQUEZA ARBÓREA NA FLORESTA ATLÂNTICA DO SUL DA BAHIA

Lucas Costa Monteiro Lopes^{1,4}, Augusto Giarretta², Thiago Felipe de Araújo³, Diogo Souza Bezerra Rocha⁴, Eduardo Mariano-Neto⁵

¹Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Evolução, Rua São Francisco Xavier 524, Bairro Maracanã, 20550-019, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil. lucas.cml@hotmail.com. ²Universidade de São Paulo, Programa de Pós-Graduação em Botânica, Rua do Matão, 277, Cidade Universitária, 05508-090, São Paulo, São Paulo, Brasil. ³Universidade Estadual de Feira de Santana, Programa de Pós-Graduação em Botânica, Depto. Ciências Biológicas, Av. Transnordestina s/n, Novo Horizonte, 44036-900, Feira de Santana, Bahia, Brasil. ⁴Universidade Estadual de Santa Cruz, Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Biodiversidade, Rodovia Ilhéus-Itabuna, km 16, 45662-900, Ilhéus, Bahia, Brasil. ⁵Universidade Federal da Bahia, Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Biomonitoramento, Rua Barão de Geremoabo, nº 147, 40170-290, Salvador, Bahia, Brasil.

A elevada diversidade nas regiões tropicais está associada à heterogeneidade ambiental, processos históricos e biogeográficos. Objetivou-se neste trabalho: 1) avaliar se as áreas de Floresta Atlântica que apresentam as maiores riquezas de espécies pertencentes aos gêneros mais ricos e abundantes da floresta Amazônica estão localizadas ao norte ou ao sul do vale do Rio Doce; 2) verificar qual região na Floresta Atlântica ao norte do Rio Doce apresenta maior riqueza entre os gêneros selecionados; centro de endemismo de Pernambuco ou a Hiléia baiana? Selecionaram-se 13 estudos realizados em áreas de terras baixas na Floresta Atlântica, com similares fitofisionomias e que quantificaram a estrutura da comunidade lenhosa. Compararam-se estes trabalhos quanto à riqueza de espécies de sete gêneros (*Eschweilera*, *Inga*, *Licania*, *Ocotea*, *Pouteria*, *Protium* e *Swartzia*) com alta diversidade e abundância na floresta Amazônica. Dentre as áreas comparadas, apenas as do sul da Bahia tiveram espécies dos sete gêneros avaliados. *Ocotea* foi o único gênero presente em todas as áreas avaliadas. Observou-se maior diversidade de espécies para todos os gêneros (exceto *Eschweilera*) nas áreas localizadas no sul da Bahia. Esses dados evidenciam a necessidade de proteção e conservação dos remanescentes florestais desta região.

Palavras-chave: Biogeografia, heterogeneidade ambiental, Hiléia baiana, refúgios pleistocênicos, rio Doce.

Historical processes influencing high health tree in the Atlantic Forest of Southern Bahia. The environmental heterogeneity, historical and biogeographic processes are associated the high diversity in tropical region. The aim of this study was: 1) assess whether the sites of the Atlantic Forest with the highest species richness from the most rich and abundant genera of the Amazon rainforest are located north or south of the Rio Doce Valley; 2) check what the Atlantic forest region north of Rio Doce has greater wealth among the selected genres; endemism center of Pernambuco or Hiléia Baiana? Were selected 13 studies in lowland areas in the Atlantic forest, with similar vegetation types and that quantified the structure of the woody community. These works were compared regarding species richness of seven genera (*Eschweilera*, *Inga*, *Licania*, *Ocotea*, *Pouteria*, *Protium* and *Swartzia*) with high diversity and abundance in the Amazon forest. Among the areas compared, only in southern Bahia had species of the seven genera evaluated. *Ocotea* was the only common genus in all areas assessed. It was observed a greater diversity of species for genera (except *Eschweilera*) in areas located in southern Bahia. This highlights the need for protection and conservation of forest remnants in this region.

Key words: Biogeography, environmental heterogeneity, Hiléia baiana, Pleistocene refuges, Doce river.

Introdução

A diversidade de espécies nos trópicos está relacionada à heterogeneidade ambiental e a processos históricos e biogeográficos (Gentry, 1982; Oliveira-Filho e Fontes, 2000; Tuomisto et al., 2003; Diniz-Filho et al., 2009). Em florestas tropicais, estudos têm relacionado a alta diversidade e a distribuição de táxons com episódios de especiação após isolamento geográfico, decorrentes de flutuações climáticas durante o Pleistoceno (Haffer, 1969; Haffer e Prance 2002). Apesar de diversos estudos apoiarem o modelo de refúgios pleistocênicos nas florestas Atlântica e Amazônica (Gentry, 1982; Prance, 1982; Santos et al., 2007; Carnaval & Moritz, 2008; Carnaval et al., 2009; Martins, 2011), ainda existe um grande debate acerca da origem da diversidade atual como resultado de eventos de flutuações climáticas mais acentuadas ocorridos durante o Pleistoceno, ou mais antigos, no Neogeno (Rull, 2008; Rull, 2011).

Os domínios Atlântico e Amazônico constituem os principais blocos florestais brasileiros, ambos com grande variação florística e estrutural, frequentemente associada aos gradientes ambientais de solo, relevo e clima (Leitão-Filho, 1987; Fiaschi & Pirani, 2009). Para a floresta Atlântica foram listadas 13.979 espécies de fanerógamas, sendo que cerca de 50% são endêmicas (Forzza et al., 2012). A floresta Atlântica é um dos domínios mais impactado por ações antrópicas no Brasil (Ribeiro et al., 2009) e considerado um *hotspot* de biodiversidade (Myers et al., 2000). Por outro lado, a floresta Amazônica ocupa extensas áreas da América do Sul e também apresenta uma biodiversidade expressiva. Tomando como base a Amazônia brasileira, foram reconhecidas 11.365 espécies de fanerógamas, considerado ainda um número subestimado devido à amostragem insuficiente ratificada para o domínio (Forzza et al., 2012).

Atualmente, a floresta Atlântica encontra-se isolada das florestas Andina e Amazônica, separada por um arco de vegetação aberta (Stehmann et al., 2009). Contudo, estas formações florestais eram contínuas em um período anterior ao quaternário, quando o clima mais úmido tornavam as condições favoráveis (Fiaschi & Pirani, 2009). Diversos táxons compartilhados entre as formações (Thomas et al., 1998; Peixoto et al., 2008; Fiaschi & Pirani, 2009) são evidências plausíveis de

que existiu uma conexão pretérita onde hoje são as regiões Amazônica e Atlântica. Neste sentido, em busca de elucidar os padrões de distribuição florística da floresta Atlântica, diferentes modelos biogeográficos foram estabelecidos, incluindo algumas possíveis rotas entre táxons disjuntos com a Amazônia (Bigarella et al., 1975; Oliveira & Ratter, 1995).

Devido à similar fisionomia com a floresta Amazônica, também denominada de Hiléia brasileira, Andrade-Lima (1966) cunhou o termo “Hiléia baiana”, referindo-se à floresta Atlântica de terras baixas do sul da Bahia e norte do Espírito Santo. Posteriormente, a região foi apontada como um dos centros de endemismo para o domínio Atlântico (Peixoto & Silva, 1997; Thomas et al., 1998; Murray-Smith et al., 2008; Stehmann et al. 2009), um refúgio pleistocênico (Carnaval & Moritz, 2008) e indicada como uma área acumuladora de espécies devido ao balanço positivo entre especiação e extinção para *Myrcia sect. Aulomyrcia*, um dos grupos de árvores mais ricos na floresta Atlântica (Staggemeier et al., 2015). Além disso, diferenças na distribuição de espécies para diversos grupos taxonômicos, inclusive vegetais, são coincidentes para região entre o sul da Bahia e norte do Espírito Santo, mais ou menos onde está situado o vale do rio Doce (ES) (Costa, 2003; Pinto-da-Rocha et al., 2005; Perret et al., 2006; Fiaschi & Pirani, 2009), sugerindo que o rio Doce funcione como barreira biogeográfica para algumas espécies.

Nesse cenário de elevada diversidade na floresta Atlântica e similaridade florística com a floresta Amazônica, buscou-se responder as seguintes questões: 1) As áreas ao norte ou ao sul do vale do rio Doce apresentam maior riqueza de espécies pertencentes aos gêneros mais ricos e abundantes da floresta Amazônica? 2) Qual região da floresta Atlântica ao norte do Rio Doce apresenta maior riqueza entre os gêneros selecionados: centro de endemismo de Pernambuco ou Hiléia Baiana? Para as respectivas perguntas são relacionadas as seguintes hipóteses: 1) Pressupõe-se que áreas ao norte do rio Doce terão maior riqueza de espécies para os gêneros selecionados amazônicos quando comparadas às áreas ao sul, pois este Rio é relatado como barreira geográfica para a dispersão das espécies de diversos grupos biológicos (Costa 2003; Pinto-da-Rocha et al., 2005; Perret et al. 2006; Fiaschi & Pirani 2009), inclusive para espécies

vegetais (Perret et al. 2006; Fiaschi e Pirani 2009); 2) Espera-se que o centro de endemismo de Pernambuco apresenta maior riqueza em espécies dos gêneros selecionados, devido a maior proximidade com a floresta Amazônica. A escolha de gêneros amazônicos e também presentes na floresta Atlântica foram preferidos para captar a influência da distância geográfica e de possíveis rotas históricas na composição florística.

Material e Métodos

Realizaram-se buscas na plataforma Google Acadêmico com as palavras chave, “composição florística” e/ou “estrutura de comunidade” e/ou “fitossociologia” e/ou “floresta Atlântica”. Além disso, fizeram-se buscas de capítulos de livro, teses e dissertações que quantificaram a estrutura das comunidades arbóreas. Selecionaram-se 13 estudos (11

publicados em periódicos ou livros e dois são dados não publicados), abrangendo amostragem quantitativa da comunidade arbórea em áreas de floresta Atlântica (Figura 1). Os critérios para seleção dos estudos foram: desenvolvidos em florestas de terra firme localizadas entre 30 e 500 m de altitude, com precipitação média anual acima de 1000 mm e sem período seco definido. Estudos desenvolvidos em florestas de restinga (áreas quaternárias), florestas decíduas (áreas sazonais) e florestas montanas (altitude superior a 500m) foram desconsiderados das análises, visando amenizar o efeito das heterogeneidades ambientais mais evidentes. Dos estudos selecionados, dois foram realizados no estado de Pernambuco (Costa Junior et al., 2008; Lins-E-Silva e Rodal, 2008), quatro na Bahia (Martini et al., 2007; Thomas et al., 2008; Carvalho, 2011; Lopes et al. 2015a), três no Espírito Santo (Peixoto e Gentry, 1990; Ribeiro, 2012; Crepaldi e Peixoto, 2013), um em Minas Gerais

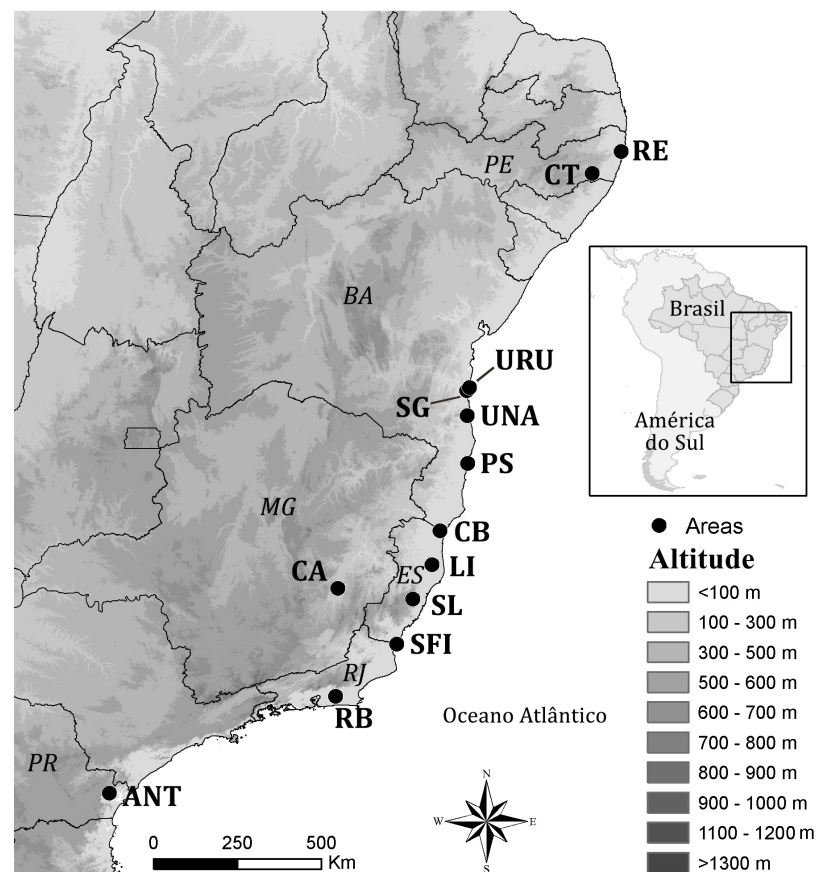


Figura 1. Localização das áreas alvo de comparação na floresta Atlântica quanto à riqueza de espécies pertencentes a gêneros (*Eschweilera* Mart. ex DC., *Inga* Mill., *Licania* Aubl., *Ocotea* Aubl., *Pouteria* Aubl., *Protium* Burm.f. e *Swartzia* Schreb.) com elevada riqueza na floresta Amazônica. Nomes abreviados: CT: Catende; RE: Recife; PS: Porto Seguro; SG: Serra Grande; URU: Uruçuca; CB: Conceição da Barra; LI: Linhares; CA: Caratinga; SL: Santa Leopoldina; RB: Rio Bonito; SFI: São Francisco de Itabapoana; ANT: Antonina.

(Lopes et al., 2002), dois no Rio de Janeiro (Silva e Nascimento, 2001; Carvalho et al., 2007) e um no Paraná (Liebsch et al., 2007).

Selecionaram-se sete gêneros arbóreos como objeto de comparação (*Eschweilera* Mart. ex DC., *Inga* Mill., *Licania* Aubl., *Ocotea* Aubl., *Pouteria* Aubl., *Protium* Burm.f. e *Swartzia* Schreb.). Os critérios de seleção foram: ter elevada riqueza e abundância na floresta Amazônica (segundo Oliveira-Filho & Fontes, 2000; Steege et al., 2006) e ter espécies registradas nos trabalhos selecionados com forma de vida arbórea. Outros gêneros de elevada riqueza e abundância na Amazônia (ex: *Guatteria* Ruiz & Pav. e *Miconia* Ruiz & Pav. “Oliveira-Filho & Fontes, 2000; Steege et al., 2006) foram excluídos da presente análise, pois as espécies quantificadas nos trabalhos selecionados apresentaram outras formas de vida diferente da considerada (árvores, arbusto e arvoreta), o que inviabiliza uma comparação adequada da riqueza entre as áreas com diferentes métodos de amostragens e critérios de inclusão.

Comparou-se a riqueza dos gêneros selecionados entre as áreas através da curva de rarefação por indivíduo. Essa análise padroniza o esforço amostral (Gotelli & Colwell, 2001) e ameniza a influência dos diferentes critérios de inclusão adotados nos trabalhos considerados. Os locais cujos gêneros possuíam menos de três indivíduos não foram inseridos no *layout* da Figura 2, pois não são comparativamente informativos.

Resultados e Discussão

As áreas situadas na Bahia apresentaram simultaneamente os sete gêneros. *Ocotea* foi o único gênero amostrado em todas as 13 áreas, apresentando, ainda, a maior variação na riqueza de espécies entre as áreas: uma (São Francisco de Itabapoana, RJ e Conceição da Barra, ES) a 17 (Porto Seguro, BA). Em relação à abundância, a maior variação foi constatada para *Pouteria*: ausente (São Francisco de Itabapoana, RJ e Santa Leopoldina, ES) a 115 indivíduos (Una, BA) indivíduos (Tabela 1).

A maior frequência de *Ocotea* quanto aos demais gêneros também foi observada por Siqueira (1994), o qual analisou e comparou 63 localidades no Domínio Atlântico. Esse resultado pode ser devido à elevada riqueza do gênero neste domínio (99 espécies) (Quinet

et al., 2014). Elevadas taxas de diversificação de *Ocotea* s.s. coincidiram com eventos históricos na região Neotropical que causaram o aumento nas taxas de diversificação (Chanderbali et al., 2001). O processo de elevação dos Andes e o surgimento do Istmo do Panamá (Antonelli & Sanmartin, 2011; Bacon et al., 2015) coincidem com o surgimento do clado *Ocotea* s.s. entre 5 e 10 Ma (Chanderbali et al., 2001). *Inga* também é apontado entre os gêneros mais frequentes na floresta Atlântica (Siqueira, 1994), sendo sua elevada riqueza também associada a processos recentes de diversificação (Richardson et al., 2001). Por um lado, processos históricos complexos foram responsáveis para o quadro atual da diversidade da floresta Atlântica (Carnaval & Moritz, 2008), por outro lado, esses processos não foram homogêneos ao longo da distribuição neste domínio (Carnaval & Moritz 2008; Staggemeier et al., 2015), influenciando na diversidade dos gêneros em cada região.

Ocotea e *Swartzia* apresentaram maiores riquezas em Porto Seguro, enquanto *Licania* foi mais rico em Una. *Inga* e *Protium* tiveram maiores riquezas em Porto Seguro, Serra Grande e Una. *Pouteria* em Porto Seguro, Serra Grande e Uruçuca. *Eschweilera* teve similar riqueza entre as áreas (Figura 2).

Observou-se maior riqueza para os gêneros selecionados nas florestas do sul da Bahia (exceto *Eschweilera*), no entanto, para outras regiões ao norte do rio Doce isso não foi constatado. Dessa maneira, a primeira hipótese é parcialmente corroborada, pois se esperava maior riqueza para todas as áreas ao norte do Rio Doce. Além disso, as florestas localizadas em Pernambuco não tiveram maior riqueza para nenhum dos gêneros avaliados, o que refuta a segunda hipótese, pois se esperava superior riqueza para essas florestas, devido a maior proximidade geográfica com a floresta Amazônica. Isto indica que a distância geográfica, incluindo as barreiras naturais associadas a ela, como o rio Doce, por si só não explicaram esse padrão de diversidade. Pernambuco é geograficamente mais próximo da Amazônia e reconhecido como uma provável rota histórica entre as florestas Atlântica e Amazônica (Rizzini, 1963), sendo considerado, ainda, uma área de refúgios pleistocênicos (Santos et al., 2007) e um centro de endemismo para espécies de plantas vasculares (Thomas et al., 1998). Portanto, seria plausível que essa região tivesse maior riqueza para

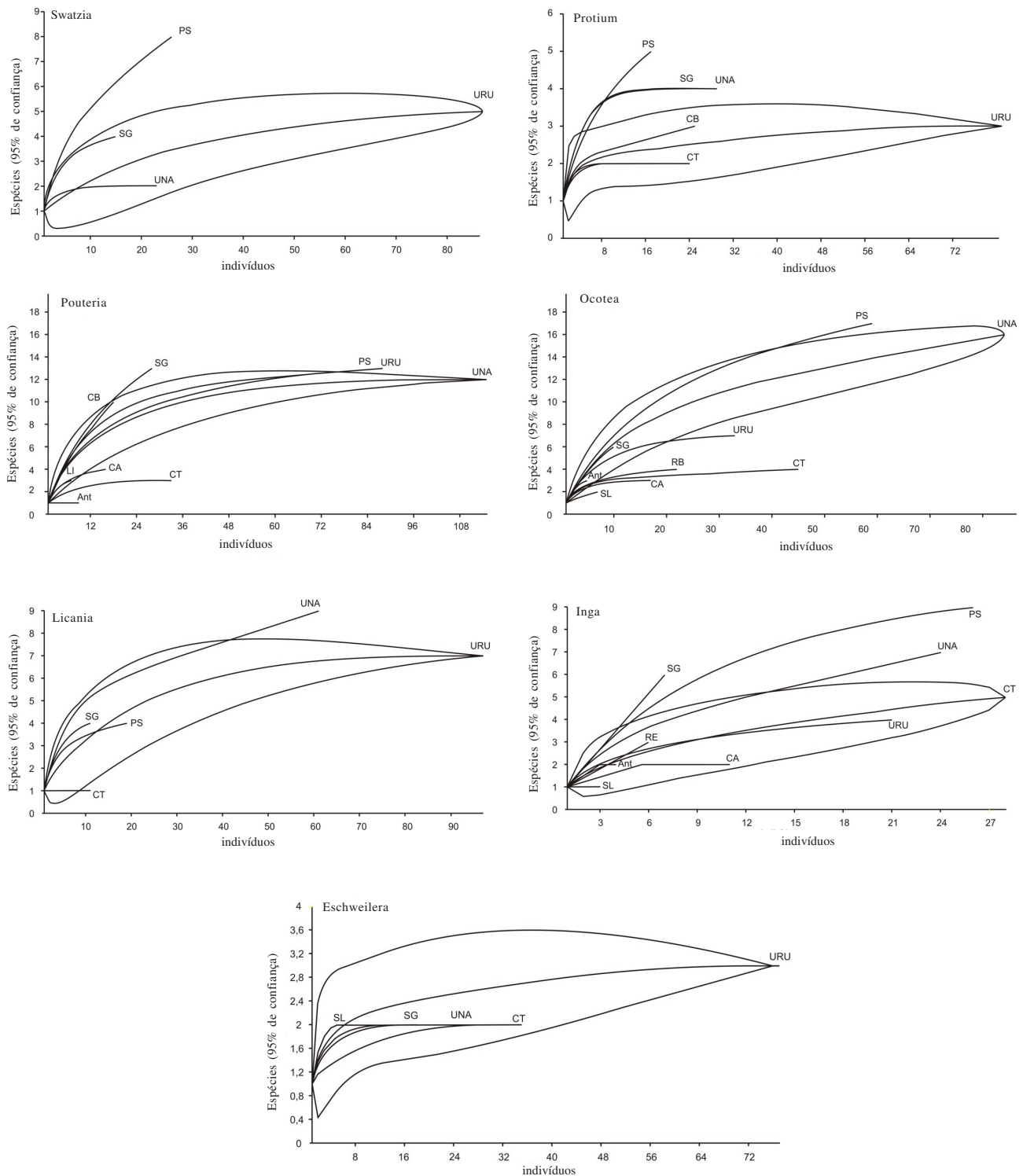


Figura 2: Curvas de rarefação, comparando as áreas na floresta Atlântica quanto à riqueza de espécies pertencentes a gêneros (*Eschweilera* Mart. ex DC., *Inga* Mill., *Licania* Aubl., *Ocotea* Aubl., *Pouteria* Aubl., *Protium* Burm.f. e *Swartzia* Schreb.) com elevada riqueza na floresta Amazônica. Para cada gênero foi feito um gráfico de riqueza para comparação das áreas alvo. Nomes abreviados: CT: Catende; RE: Recife; PS: Porto Seguro; SG: Serra Grande; URU: Uruçuca; CB: Conceição da Barra; LI: Linhares; CA: Caratinga; SL: Santa Leopoldina; RB: Rio Bonito; SFI: São Francisco de Itabapoana; ANT: Antonina.

Tabela 1- Riqueza (R) e abundância (A) de gêneros disjuntos em diferentes levantamentos quantitativos da vegetação arbórea na floresta Atlântica, com critério de inclusão de DAP (Diâmetro à Altura do Peito) de cada pesquisa. Abreviações das áreas incluídas no estudo: CT: Catende; RE: Recife; PS: Porto Seguro; SG: Serra Grande; URU: Uruçuca; CB: Conceição da Barra; LI: Linhares; CA: Caratinga; SL: Santa Leopoldina; RB: Rio Bonito; SFI: São Francisco de Itabapoana; ANT: Antonina

Áreas	DAP (cm)	<i>Eschweilera</i>		<i>Inga</i>		<i>Licania</i>		<i>Ocotea</i>		<i>Pouteria</i>		<i>Protium</i>		<i>Swartzia</i>		R total
		R	A	R	A	R	A	R	A	R	A	R	A	R	A	
CT-PE	> 4,7	2	35	5	28	1	11	4	45	3	33	2	24	0	0	17
RE-PE	>4,8	1	1	3	6	0	0	2	2	2	4	2	11	0	0	10
SG-BA	> 4,7	2	12	6	7	4	11	6	10	13	28	4	22	4	15	39
PS-BA	> 4,9	2	30	9	26	4	19	17	59	13	88	5	17	8	26	58
URU-BA	> 4,9	3	77	4	21	7	97	7	33	13	88	3	81	5	87	42
UNA-BA	<10,1	2	21	7	24	9	61	16	84	12	12	4	29	2	23	52
CB-ES	> 2,4	1	2	0	0	3	3	1	6	10	18	3	25	1	1	19
LI-ES	> 9,9	0	0	0	0	0	0	2	2	3	7	2	1	0	0	7
SL-ES	> 2,4	2	6	1	3	0	0	2	7	0	0	1	1	0	0	6
CA-MG	>15,1	0	0	2	11	2	2	3	17	4	16	1	4	1	1	13
RB-RJ	> 4,9	0	0	1	2	0	0	4	22	1	1	0	0	1	1	7
SFI-RJ	> 9,9	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	2	0	0	2
ANT-PR	> 4,7	0	0	2	4	0	0	3	5	1	9	0	0	0	0	6

os gêneros avaliados na floresta Atlântica como se propôs na segunda hipótese. Contudo, este resultado pode estar relacionado à elevada fragmentação e perda de hábitat na floresta Atlântica pernambucana (Ribeiro et al., 2009), fatores que ocasionaram redução drástica da biodiversidade, hiper-abundância de espécies pioneiras, homogeneização da biota e erosão filogenética nos remanescentes florestais (Santos et al. 2010; Tabarelli et al., 2010; Lôbo et al., 2011; Tabarelli et al. 2012). Mesmo não avaliando toda a comunidade arbórea no presente estudo, os fatores antrópicos relatados nestes outros estudos pretéritos podem ter influenciado na redução da riqueza regional dos gêneros arbóreos avaliados.

Os resultados mostraram também que a Hiléia baiana (*sensu* Andrade-Lima, 1966) apesar de ser relatada com elevada riqueza em outros estudos (Thomas et al. 1998; Murray-Smith et al. 2008), não foi verificada tal diversidade em toda a sua área de abrangência, pois os locais do Espírito Santo inseridos nesta região (Linhares e Conceição da Barra) não apresentaram maiores riquezas para nenhum dos gêneros avaliados. Contudo, para as florestas do Norte do Espírito Santo, vem sendo apontada a presença de algumas espécies vegetais semidecíduais, o qual é sugerido uma denominação de floresta estacional semidecidual a perenifólia para essa região, devido a presença mais marcante de semidecuidade em

períodos nos quais a estação seca é mais evidente e perenifólia em períodos muito úmidos (Saiter 2015). De outro modo, no sul da Bahia é denominado a presença de floresta ombrófila densa (Thomas e Barbosa 2008). Desta maneira, a sazonalidade pode elucidar diferenças na riqueza de espécies em blocos florestais entre o Espírito Santo e Bahia.

A distância entre as áreas comparadas também pode ser um fator importante, onde barreiras de diversas naturezas podem existir limitando a dispersão das espécies arbóreas. O rio Mucuri, localizado próximo à fronteira dos estados da Bahia e Espírito Santo, por exemplo, foi apontado como barreira geográfica para formigas (Rezende et al., 2010), indicando posterior colonização no Norte do Espírito Santo por grupos estoques oriundos das florestas baianas (Rezende et al., 2010). Apesar da limitação de dispersão variar em diferentes grupos taxonômicos, barreiras naturais existentes entre estas regiões podem influenciar na distribuição das árvores e estudos futuros precisam ser feitos para testar estas hipóteses.

As florestas do sul da Bahia possuem a flora mais diversa do Domínio Atlântico (Martini et al., 2007; Thomas et al., 2008), mesmo em diferentes estágios sucessionais (Martini et al., 2007), inclinação do terreno (Carvalho, 2011), tipos de solos (Lopes et al. 2015b) e altitudes (Rocha e Amorim, 2012). Esta região é também reconhecida como um *hot point* para a

diversidade lenhosa no mundo (Martini et al., 2007) e um centro de endemismo de espécies vegetais (Thomas et al., 1998). Portanto, é provável que a maior diversidade destes gêneros para as florestas do sul da Bahia esteja associada à influência de processos históricos que ocorreram na floresta Atlântica: menores taxas de extinção relacionados a variações ambientais em macro-escala temporal e acumulação de espécies em áreas com estabilidade climática (Staggemeier et al. 2015). Outra variável que pode melhor explicar essa riqueza são as florestas da região sul da Bahia estarem em melhor estado de conservação; com maior porcentagem de remanescentes florestais (Ribeiro et al. 2009) e a presença de uma matriz de cabruca (plantação de cacau sobre sombra raleada), que é um sistema agroflorestal com maior permeabilidade biótica (Cassano et al. 2008; Cassano et al. 2014). No entanto, apesar dessa elevada diversidade apontada e de maior conservação em comparação a outras áreas na floresta Atlântica, as florestas do sul da Bahia também já apresentaram significativas perdas bióticas por fatores antrópicos: corte seletivo, fragmentação e perda de habitat (Faria et al., 2009; Pardini et al., 2009) e uso da terra (Piotto et al., 2009), o que interfere no processo sucessional e pode comprometer a perpetuação da diversidade existente.

A similar riqueza de *Eschweilera* entre as áreas avaliadas pode estar associada à baixa riqueza do gênero na floresta Atlântica (seis espécies – Smith et al., 2014), sendo verificado o máximo de três espécies entre as áreas comparadas (Tabela 1). Essa baixa riqueza dificulta encontrar padrões e diferenciações entre as áreas. Outro fator que pode ter influenciado em nossas comparações é hiper abundância de *E. ovata* (Cambess.) Miers em relação às demais espécies do gênero, o que pode estar associado ao sucesso desta espécie principalmente em ambientes com distúrbios antrópicos (Smith et al. 2016). Contudo, hiper abundância de algumas espécies são comuns em florestas tropicais e também foi relatada para *Eschweilera coriaceae* (DC.) S.A.Mori na floresta Amazônica (Steege et al., 2013).

Conclusões

Observou-se que a distância geográfica e barreiras naturais associadas a ela, como o rio Doce, não promoveram por si só diferenciação na riqueza dos

gêneros selecionados entre as áreas ao sul e norte da floresta Atlântica. Essa riqueza não foi maior para as áreas mais próximas da floresta Amazônica, variou significativamente entre as áreas localizadas ao norte do rio Doce e também entre as localidades da Hiléia baiana. Verificou-se superior riqueza no sul da Bahia para os gêneros avaliados, o que pode estar relacionado a processos históricos, barreiras geográficas atuais e ao estado de conservação da região.

Literatura Citada

- ANDRADE-LIMA, D. 1966. Contribuição ao estudo do paralelismo da flora Amazônico-Nordestina. Instituto de Pesquisas Agronômicas de Pernambuco. Boletim Técnico n.19. pp.3-30.
- ANTONELLI, A.; SANMARTÍN, I. 2011. Why are there so many plant species in the Neotropics? *Taxon* 60(2):403-414.
- BACON, C. D. et al. 2015. Biological evidence supports an early and complex emergence of the Isthmus of Panama. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 112(19):6110-6115.
- BIGARELLA, J. J.; ANDRADE-LIMA, D.; RIEHS, P. J. 1975. Considerações a respeito das mudanças paleoambientais na distribuição de algumas espécies vegetais e animais no Brasil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 47:411-464.
- CASSANO, C. et al. 2008. Landscape and farm scale management to enhance biodiversity conservation in the cocoa producing region of southern Bahia, Brazil. *Biodiversity and Conservation* 18:577-603.
- CASSANO, C. et al. 2014. Desafios e recomendações para a conservação da biodiversidade na Região Cacaueira no Sul da Bahia. Ilhéus, BA, CEPLAC/CEPEC. Boletim Técnico n. 205. pp.1-45.
- CARNAVAL, A. C.; MORITZ C. 2008. Historical climate modelling predicts patterns of current biodiversity in the Brazilian Atlantic forest. *Journal of Biogeography* 35:1187-1201.
- CARNAVAL, A. C. et al. 2009. Stability predicts genetic diversity in the Brazilian Atlantic Forest Hotspot. *Science* 323:785-789.

- CARVALHO, F. A.; NASCIMENTO, M. T.; BRAGA, J. A. M. 2007. Estrutura e composição florística do estrato arbóreo de um remanescente de Mata Atlântica Submontana no município de Rio Bonito, RJ, Brasil (Mata Rio Vermelho). *Revista Arvore (Brasil)* 31(4):717-730.
- CARVALHO, G. M. 2011. Influência de processos estocásticos sobre a estruturação de comunidades em Floresta de Tabuleiros, Bahia, Brasil. Dissertação Mestrado. Ilhéus, BA, UESC. 61p.
- CHANDERBALI, A. S.; VAN DER WERFF, H.; RENNER, S. S. 2001. Phylogeny and historical biogeography of Lauraceae: evidence from the chloroplast and nuclear genomes. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 88:104-134.
- COSTA, L. P. 2003. The historical bridge between the Amazon and the Atlantic Forest of Brazil: a study of molecular phylogeography with small mammals. *Journal of Biogeography* 30:71-86.
- COSTA JUNIOR, R. F. et al. 2008. Estrutura fitossociológica do componente arbóreo de um fragmento de floresta Ombrófila Densa na Mata Sul de Pernambuco, Nordeste do Brasil. *Ciência Florestal (Brasil)* 18(2):173-183.
- CREPALDI, M. O. S.; PEIXOTO, A. L. 2013. Florística e fitossociologia em um fragmento manejado por quilombolas em Santa Leopoldina, Espírito Santo, Brasil: ferramentas para restauração no corredor Central da Mata Atlântica. *Boletim do Museu de Biologia Mello Leitão* 31: 5-24.
- DINIZ-FILHO, J. A. F. et al. 2009. Padrões e processos ecológicos e evolutivos em escala regional. *Megadiversidade* 5:7-18.
- FARIA, D. M. et al. 2009. Forest structure in a mosaic of rainforest sites: The effect of fragmentation and recovery after clear cut. *Forest Ecology and Management* 257:2226-2234.
- FIASCHI, P.; PIRANI, J. R. 2009. Review of plant biogeographic studies in Brazil. *Journal of Systematics and Evolution* 47:477-496.
- FORZZA, R. C. et al. 2012. New Brazilian floristic list highlights conservation challenges. *BioScience* 62:39-45.
- GENTRY, A. H. 1982. Neotropical floristic diversity: Phytogeographical connections between Central and South America, Pleistocene climatic fluctuations, or an accident of the andean orogeny? *Annals of the Missouri Botanical Garden*. 69:557-593.
- GOTELLI, N. J.; COLWELL, R. K. 2001. Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. *Ecology Letters* 4:379-391.
- HAFFER, J. 1969. Speciation in Amazonian forest birds. *Science* 165:131-137.
- HAFFER, J.; PRANCE, G. 2002. Impulsos climáticos da evolução na Amazônia durante o Cenozóico: sobre a teoria dos refúgios da diferenciação biótica. *Estudos Avançados (Brasil)* 16(46):175-206.
- LEITÃO-FILHO, H. F. 1987. Considerações sobre a florística de florestas Tropicais e Sub-Tropicais do Brasil. Instituto de Pesquisa de Estudos Florestais 35:41-46.
- LIEBSCH, D.; GOLDENBERG, R.; MARQUES, M. C. M. 2007. Florística e estrutura de comunidades vegetais em uma cronosequência de floresta Atlântica no Estado do Paraná, Brasil. *Acta Botânica Brasilica* 21(4):983-992.
- LINS-E-SILVA, A. C. B.; RODAL, M. J. N. 2008. Tree community structure in the urban remnant of Atlantic Coastal Forest in Pernambuco, Brazil. *Memoirs of the New York Botanical Garden* 100: 523-546.
- LÔBO, D. et al. 2011. Forest fragmentation drives Atlantic forest of Northeastern Brazil to biotic homogenization. *Diversity and Distribution* 17:287-296.
- LOPES, L. C. M.; MARIANO-NETO, E.; AMORIM, A. M. 2015a. Estrutura e composição florística da comunidade lenhosa do sub-bosque em uma floresta Tropical no Brasil. *Boletim do Museu de Biologia Mello Leitão* 37:361-391.
- LOPES, L. C. M.; MARIANO-NETO, E.; AMORIM, A. M. 2015b. Can soil types explain species distributions? Evaluating the woody understory component of a tropical forest in Brazil. *Brazilian Journal of Botany* 38:1-9.
- LOPES, W. P. et al. 2002. Estrutura fitossociológica de um trecho da vegetação arbórea no Parque

- Estadual do Rio Doce. *Acta Botanica Brasilica* 16(4):443-456.
- MARTINI, A. M. Z. et al. 2007. A hot-point within a hot-spot: a high diversity site in Brazil's Atlantic Forest. *Biodiversity and Conservation* 16:3111-3128.
- MARTINS, F. M. 2011. Historical biogeography of the Brazilian Atlantic forest and the Carnaval-Moritz model of Pleistocene refugia: what do phylogeographical studies tell us? *Biological Journal of the Linnean Society* 104:499-509.
- MURRAY-SMITH, C. et al. 2008. Plant diversity hotspots in the Atlantic Coastal Forests of Brazil. *Conservation Biology* 23(1):151-163.
- MYERS, N. et al. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403:853-858.
- OLIVEIRA-FILHO, A. T.; RATTER, J. A. 1995. A study of the origin of central Brazilian forests by the analysis of plant species distribution patterns. *Edinburgh Journal of Botany* 52:141-194.
- OLIVEIRA-FILHO, A. T.; FONTES, M. A. L. 2000. Patterns of floristic differentiation among Atlantic Forest in south-eastern Brazil, and the influence of climate. *Biotropica (USA)* 32(4b):793-810.
- PARDINI, R. et al. 2009. The challenge of maintaining Atlantic forest biodiversity: A multi-taxa conservation assessment of specialist and generalist species in an agro-forestry mosaic in southern Bahia. *Biological Conservation* 142:1178-1190.
- PEIXOTO, A. L.; GENTRY, A. H. 1990. Diversidade e composição florística da Mata de tabuleiro na Reserva florestal de Linhares, Espírito Santo, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 13:19-25.
- PEIXOTO, A. L.; SILVA, I. M. 1997. Tabuleiro forests of Northern Espírito Santo, South-eastern Brazil. In: Davis, S. D. eds. *Centres of plant diversity: a guide and strategy for their conservation*. Cambridge, IUCN Publications Unit 3:369-372.
- PEIXOTO, A. L. et al. 2008. Tabuleiro forests North of the Rio Doce: Their representation in the Vale do Rio Doce. *Memoirs of the New York Botanical Garden* 100:319-350.
- PERRET, M.; CHAUTEMS, A.; SPICHIGER, R. 2006. Dispersal-vicariance analysis in the tribe *Sinningieae* (Gesneriaceae): a clue to understanding biogeographical history of the Brazilian Atlantic Forest. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 93:340-358.
- PINTO-DA-ROCHA, R.; BRAGAGNOLO, C.; DA SILVA, M. B. 2005. Faunistic similarity and historical biogeography of the harvestmen of southern and southeastern Atlantic rainforest of Brazil. *Journal of Arachnology* 33:290-299.
- PIOTTO, D. et al. 2009. Forest recovery after swidden cultivation across a 40-year chronosequence in the Atlantic forest of southern Bahia, Brazil. *Plant Ecology* 205(2):261-272.
- PRANCE, G. 1982. A Review of the phytogeographic evidences for Pleistocene Climate Changes in the Neotropics. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 69(3):594-624.
- QUINET, A. et al. 2014. *Lauraceae* in lista de espécies da flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB8440>>. Acesso em: 03 de Março.
- REZENDE, H. C. et al. 2010. Pliocene and Pleistocene events shaping the genetic diversity within the central corridor of the Brazilian Atlantic Forest. *Biological Journal of the Linnean Society* 101:949-960.
- RIBEIRO, M. C. et al. 2009. The Brazilian Atlantic Forest: how much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. *Biological Conservation* 142:1141-1153.
- RIBEIRO, M. 2012. Diversidade florística da Reserva Biológica do Córrego Grande, Conceição da Barra, Espírito Santo, Brasil. Monografia de Conclusão de Curso. São Mateus, UFES. 90p.
- RICHARDSON, J. E. et al. 2001. Recent and rapid diversification of a species-rich genus of Neotropical trees. *Science* 293:2242-2245.
- RIZZINI, C. T. 1963. Nota prévia sobre a divisão fitogeográfica do Brasil. *Revista Brasileira de Geografia* 25:1-64.
- ROCHA, D. S. B.; AMORIM, A. M. A. 2012. Heterogeneidade altitudinal na Floresta Atlântica setentrional: um estudo de caso no sul da Bahia,

- Brasil. *Acta Botanica Brasilica* (Brasil) 26(2): 309-327.
- RULL, V. 2008. Speciation timing and neotropical biodiversity: the tertiary-quaternary debate in the light of molecular phylogenetic evidence. *Molecular Ecology* 17:2722-2729.
- RULL, V. 2011. Neotropical biodiversity: timing and potential drivers. *Trends in Ecology and Evolution* 26(10):508-513.
- SANTOS, A. M. M. et al. 2007. Biogeographical relationships among tropical forests in north-eastern Brazil. *Journal of Biogeography* 34:437-446.
- SANTOS, B. A. et al. 2010. Edge-related loss of tree phylogenetic diversity in the severely fragmented Brazilian Atlantic Forest. *Plos one* 5(9):1-7.
- SAITER, F. Z. 2015. Padrões fitogeográficos do região central do domínio Atlântica brasileiro. Tese Doutorado. Belo Horizonte, UFMG. 168p.
- SILVA, G. C. S.; NASCIMENTO, M. T. 2001. Fitossociologia de um remanescente de mata sobre tabuleiros no norte do estado do Rio de Janeiro (Mata do Carvão). *Revista Brasileira de Botânica* 24(1):51-62.
- SIQUEIRA, M. F. 1994. Análise florística e ordenação de espécies arbóreas na Mata Atlântica através de dados binários. Dissertação Mestrado. Campinas, UNICAMP. 154p.
- SMITH, N. P.; MORI, S. A.; PRANCE, G. T. 2014. *Lecythidaceae* in lista de espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB8549>>. Acesso em: 03 de Março.
- SMITH, N. P. et al. 2016. Conservation assessment of *Lecythidaceae* from eastern Brazil. *Kew Bulletin* 71:1-19.
- STAGGEMEIER, V. G. et al. 2015. Phylogenetic analysis in *Myrcia* section *Aulomyrcia* and inferences on plant diversity in the Atlantic rainforest. *Annals of Botany* 1-15.
- STEHMANN, J. R. et al. 2009. Plantas da Floresta Atlântica. Rio de Janeiro Botanical Garden. 505p.
- STEEGE, H. et al. 2006. Continental-scale patterns of canopy tree composition and function across Amazonia. *Nature* 443:1-4.
- STEEGE, H. et al. 2013. Hyperdominance in the Amazonian tree flora. *Science* 342: 6156.
- TABARELLI, M. et al. 2010. Effects of pioneer tree species hyperabundance on forest fragments in northeastern Brazil. *Conservation Biology* 24:1654-1663.
- TABARELLI, M.; PERES, C. A.; MELO, F. P. L. 2012. The 'few winners and many losers' paradigm revisited: Emerging prospects for tropical forest biodiversity. *Biological Conservation* 155: 136-140.
- THOMAS, W. W. et al. 1998. Plant endemism in two forest in southern Bahia, Brazil. *Biodiversity and Conservation* 7:311-322.
- THOMAS, W. W.; BARBOSA, M. R. V. 2008. Natural vegetation types in the Atlantic coastal forest of northeastern Brazil. *Memoirs of the New York Botanical Garden* 100:6-20.
- THOMAS, W. W. et al. 2008. Diversity of woody plants in the Atlantic coastal forest of southern Bahia. *Memoirs of the New York Botanical Garden* 100:21-66.
- TUOMISTO, H.; RUOKOLAINEN, K.; YLI-HALLA, M. 2003. Dispersal, environmental, and floristic variation of Western Amazonian forests. *Science* 299:241-244.

●

VARIABILIDADE POPULACIONAL NA PRODUÇÃO DE ÓLEO, LIPÍDIOS TOTAIS NA AMÊNDOA E POLPA DE TUCUMÃ COLETADOS NO ESTADO DO ACRE

*Rean Augusto Zaninetti¹, Adônis Moreira², Antônio Sergio Ferraudo³,
Sandra Tereza Teixeira⁴*

¹Universidade Federal do Acre, 69920-900, Rio Branco, Acre, Brasil; ²Embrapa Soja, 86001-970, Londrina, Paraná, Brasil;

³Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, 14884-900, Jaboticabal, São Paulo, Brasil; ⁴Faculdade Meta, 69919-230, Rio Branco, Acre, Brasil.
adonismoreira66@gmail.com

Na Amazônia são encontradas espécies cujos frutos apresentam quantidade de óleo com valor econômico para diferentes aplicações industriais. Este trabalho teve o objetivo de avaliar o potencial de produção de óleo do tucumã (*Astrocaryum aculeatum*) para a produção de biodiesel em diferentes áreas do Estado do Acre. As variáveis avaliadas para a caracterização foram: produção, quantidade de polpa (epicarpo+mesocarpo), castanha (endocarpo), amêndoas (semente do interior do endocarpo), teores de lipídios totais na amêndoa e na polpa e os atributos químicos do solo. O teor de lipídios na amêndoa foi de 21,9%, enquanto na polpa foi de 31,9%. Apesar da diversidade genética, o tucumã é uma espécie que possui boa produtividade em óleo, mesmo em solos ácidos e com baixa fertilidade, apresentando potencial para ser utilizado como uma fonte adicional de renda pelas comunidades amazonidas.

Palavras-chave: biocombustível, Amazônia, fertilidade do solo, diversidade genética

Population variability in production of oil, total lipids in kernel and pulp of tucumã (*Astrocaryum aculeatum*) collected in the Acre State, Brazil. In the Amazon region species are found whose fruits have quantities of oil with economic value for various industrial applications. This study had the objective to evaluate the potential of oils extracted from tucumã palm fruit (*Astrocaryum aculeatum*) found in different areas of the Acre State. The yield, amount of pulp (mesocarp + epicarp), seed (endocarp), kernel (seed inside the endocarp), total lipid (almond and the pulp), and chemical soil properties were evaluated. The content of lipids in kernel was 21.9%, while the pulp was 31.9%. Despite the genetic diversity, the tucumã palm fruit is a species that has good bio-oil yield, even in acid soils with low fertility, with potential to be used as an additional source of income for communities in the Amazon region.

Key words: biofuel, Amazon soil fertility, genetic diversity

Introdução

A alta biodiversidade da Amazônia tem sido objeto de pesquisa, com resultados diversos sobre seu potencial de uso das plantas nativas da região (Schroth, 2004; Clement et al., 2005). Verificou-se que os mais promissores são os frutos e sementes para produção de biocombustível oriundos da mamoinha do mato (*Mabea fistulifera*), o babaçú (*Orbignya phalerata*, Mart.) e a palmeira de tucumã ou tucumanzeiro (Clement & Arkcoll 1991; Clement et al. 2005; Pereira 2007).

No caso do tucumanzeiro, palmeira monocaule com ocorrência dispersa nos estados do Acre, Amazonas, Rondônia, Pará, Mato Grosso e Roraima (Lorenzi et al. 1996; Shanley e Medina 2005), pode ser encontrada em pequenas densidades no interior da floresta em populações espontâneas, com ocorrência mais abundante em áreas desmatadas, formando grandes e densas manchas em roçados, pastagens degradadas, capoeiras (floresta secundária) e margens de estradas (Cavalcante 1996; Miranda et al. 2001; Barcelar-Lima et al. 2006). Devido à ausência de material selecionado, abundância de plantas nas condições descritas e a baixa germinação das sementes, os plantios comerciais na região são escassos (Schroth et al., 2004).

Os frutos são produzidos durante o ano todo, porém o pico da produção ocorre nos meses de dezembro a abril (Schroth et al., 2004). Na região Norte, sua importância econômica baseia-se principalmente na exploração da polpa dos frutos, que pode ser consumida *in natura* ou na forma de sorvete, suco, licor e doce (Schroth et al., 2004). Da polpa dos frutos e das sementes podem ser extraídos diferentes tipos de óleos comestíveis e ser utilizada na suplementação alimentar humana e na fabricação de ração animal (Mendonça, 1996).

Este trabalho teve como objetivo avaliar e identificar a influência dos atributos químicos do solo sobre a quantidade de lipídios totais presente na amêndoa e na polpa de frutos de tucumã localizados no entorno do município de Rio Branco, Estado do Acre.

Material e Métodos

A colheita dos frutos de tucumã foi realizada nas margens das BR-364 e BR-317, a uma distância de até 150 km da cidade de Rio Branco, Estado do Acre

(9°59' LS e 67°48' LO). O clima na região é tropical úmido, com temperatura média de 25 °C e precipitação anual de 1 950 mm e altitude entre 140 a 220 metros. Os locais de coleta foram selecionados pela presença de um número mínimo de dez plantas e a presença de frutos em pelo menos três delas. O georreferenciamento dos locais foi realizado na parte central de cada população e as coordenadas dos locais são mostradas na Tabela 1. Os pontos de um (1) a nove (9) correspondem aos locais amostrados na BR-364 e os pontos de 10 a 22 correspondem aos coletados na BR-317, ambas dentro do Estado do Acre. A colheita foi realizada no período de final do mês de outubro ao começo do mês de dezembro de 2010.

No mês de julho de 2010 foi feita a seleção das áreas, ocasião que frutos estavam ainda verdes. A amostragem de solo foi realizada em cada área de coleta, retirando-se 20 amostras simples na profundidade 0 a 20 cm com trado holandês para formar uma amostra composta conforme procedimento descrito por Raij et al. (1997). Após secas ao ar,

Tabela 1. Coordenadas geográficas dos pontos de coleta de frutos de plantas de tucumanzeiro

Áreas de Amostragem	Latitude	Longitude
1	10°00'46,0" S	67°42'49,3" W
2	10°01'31,1" S	67°38'40,5" W
3	10°03'31,7" S	67°19'24,5" W
4	10°02'26,6" S	67°15'53,9" W
5	09°59'40,6" S	67°11'09,2" W
6	09°58'05,9" S	67°07'26,0" W
7	09°56'46,6" S	67°03'28,0" W
8	09°52'01,1" S	66°54'51,7" W
9	09°54'14,6" S	66°56'48,6" W
10	10°16'51,0" S	67°41'54,6" W
11	10°18'33,9" S	67°41'31,3" W
12	10°21'47,9" S	67°41'37,5" W
13	10°28'21,6" S	67°40'58,4" W
14	10°35'08,4" S	67°41'57,6" W
15	10°35'42,9" S	67°42'41,4" W
16	10°36'05,2" S	67°43'25,0" W
17	10°36'11,0" S	67°45'44,6" W
18	10°36'10,7" S	67°47'12,9" W
19	10°36'23,9" S	67°47'53,5" W
20	10°36'29,8" S	67°48'41,4" W
21	10°35'06,2" S	67°52'07,6" W
22	10°35'44,5" S	67°57'14,3" W

destorroadas e passadas em peneiras de 2,0 mm, foi realizada a análise dos atributos químicos do solo (Raij et al., 1997), que consistiu na determinação do pH (H₂O), acidez potencial (H⁺+Al³⁺), Al³⁺ trocável, P disponível (resina), capacidade de troca de cátions ficando (CTC, “K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, H⁺+Al³⁺”) e saturação por bases (V%) (Tabela 2).

Em cada local foram colhidos os frutos retirados dos cachos para contagem e determinação da massa. Foram selecionados, ao acaso, trinta frutos em estágio de amadurecimento e trinta frutos totalmente maduros de cada palmeira. Nas amostras com frutos maduros foram determinados a massa, e posteriormente despolpados e separados em polpa (epicarpo + mesocarpo), castanha (endocarpo) e amêndoas (semente retirada do interior do endocarpo), enquanto os não maduros foram acondicionados em cestos plásticos, permanecendo em temperatura ambiente e à sombra até atingirem o amadurecimento completo.

A determinação do teor de lipídio total nas amostras de amêndoas, polpa foi realizada com a extração por

meio do solvente hexano (Instituto Adolfo Lutz, 1985). A produção de óleo por planta foi calculado baseando-se na quantidade de lipídio total presente na amêndoa e na polpa multiplicado pela porcentagem dessas no fruto e pela massa desses por planta.

Os resultados após obtenção dos lipídios totais da amêndoa e da polpa foram submetidos à análise da variância (ANOVA) para detectar efeito de local e dentro de local de amostragem, sendo aplicando o teste de Tukey para comparação de médias, quando o teste F a 5% de probabilidade (Pimentel Gomes e Garcia, 2002).

Na quantificação do efeito de fertilidade do solo e dos atributos bromatológicos dos frutos, foi realizada a análise de componentes principais considerando como variáveis o pH, P disponível, acidez potencial (H⁺+Al³⁺), capacidade de troca de cátions (CTC), saturação por bases (V%), Al³⁺ trocável, quantidade de amêndoas no fruto (Am_fruto), teor de lipídios na amêndoa (Lip_Am), quantidade de polpa no fruto (Pol_fruto), teor de lipídios na polpa (Lip_pol) e produtividade de óleo por planta (*Prod). A matriz contendo todos os dados amostrais foi padronizada, para cada *j* fixo, pela equação 1. O poder discriminatório de cada variável foi avaliado pela equação 2, enquanto a percentagem da variância total contida em cada componente CP_{*h*} foi obtida segundo a equação 3.

$$\text{Equação 1: } Z_{kj} = \frac{X_{kj} - \bar{X}_j}{S_j}$$

em que *k* é a amostra; *j* é a característica; $\bar{X}_j$ é a média; *S_j* é o desvio padrão da coluna *j*.

$$\text{Equação 2: } r_{x_j}(CP_h) = a_{jh} \frac{\sqrt{\lambda_j}}{S_j}$$

em que *r_{xj}* (CP_{*h*}) é a correlação entre a variável *x_j* e o componente principal CP_{*h*}; *a_{jh}* é o coeficiente da variável *j* no *h*-ésimo componente principal; λ_h é o *h*-ésimo autovalor da matriz de covariância.

$$\text{Equação 3: } CP_h = \frac{\lambda_h}{T(C)} 100 \quad \text{em que:}$$

T(C) é o traço da matriz de covariância ($\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_h$).

Tabela 2. Atributos químicos do solo coletados dos diferentes locais amostrados¹

Locais	pH CaCl ₂	P mg dm ⁻³	H ⁺ +Al ³ —— mmol _c dm ⁻³ ——	Al ³⁺	CTC	V %
1	3,9	9	88	17,0	106,6	17
2	5,5	12	28	0,0	103,7	73
3	3,8	9	64	11,0	75,4	15
4	3,8	7	150	52,0	160,9	7
5	4,0	7	52	6,0	62,7	17
6	4,5	6	47	4,0	73,4	36
7	4,5	7	47	3,0	75,2	38
8	3,9	9	109	20,0	128,0	15
9	4,4	9	72	11,0	108,4	34
10	4,0	7	64	8,0	84,3	24
11	4,1	7	52	5,0	68,0	24
12	3,9	8	72	8,0	90,5	20
13	4,2	15	58	5,0	81,7	29
14	4,5	8	52	3,0	80,1	35
15	4,2	6	47	2,0	67,3	30
16	4,0	5	38	6,0	49,0	22
17	4,0	5	42	5,0	57,1	26
18	4,0	6	47	11,0	55,1	15
19	4,0	7	58	10,0	68,7	16
20	4,7	5	34	2,0	61,0	44
21	4,6	7	38	3,0	64,6	41
22	4,6	6	38	2,0	64,0	41

¹CTC – capacidade de troca de cátions (ΣK⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, H⁺+Al³⁺).

V% = saturação por bases.

Anterior a aplicação do método multivariado de Análise de Componentes Principais (ACP) foram calculados os coeficientes de correlação de Pearson, pré-requisito este, exigido para aplicar a ACP, existência de correlação entre as variáveis sob pesquisa.

Resultado e Discussão

As porcentagens de lipídios totais na amêndoa e na polpa de frutos e a produtividade de óleo por planta estão apresentados na Tabela 3. Observou-se que os teores de lipídios totais das amostras de amêndoa foram influenciados pelos locais de amostragens com a área nove (BR 364) apresentando o maior valor (22,8%), enquanto na oito na mesma rodovia a menor (21,0%) menor porcentagem de lipídios, o que demonstra a presença de variabilidade entre plantas.

Apesar dessas variações, os teores médios ficaram mais de 100% abaixo dos encontrados por Ferreira et al. (2008) em frutos coletados no Estado do Amapá.

Fatores, como diversidade genética e condições diferentes de clima e solo devem ter interferido neste resultado (Schroth et al., 2004). Com relação ao teor de lipídios na polpa do tucumã, também houve variabilidade entre os locais amostrados (Tabela 3). Apenas os frutos coletados nos pontos 1, 2, 14, 17 e 18 apresentaram teores acima dos obtidos por Pesce (1941) no Estado do Pará e por Schroth et al. (2004) no Estado do Amazonas.

Os componentes principais 1 e 2 mostram a distribuição das amostras em conjunto com a distribuição das variáveis (Figura 1). A variabilidade retida nestes componentes explica 60,3% da variabilidade original, sendo que CP₁ e CP₂ retêm 37,7% e 22,6%, respectivamente. No CP₁ (eixo horizontal), as variáveis com maior poder discriminatório foram: H⁺+Al³⁺ (-0,93), Al³⁺ (-0,87), V (0,85), pH (0,81) e CTC (-0,67), na qual cada valor contido entre parênteses representa a correlação entre cada variável e um componente principal. No caso do

Tabela 3. Porcentagem no fruto e lipídios totais na amêndoa e na polpa de frutos de tucumã

Locais	Amostra	Am_fruto	Lip_Am ----- %	Pol_fruto ----- %	Lip_pol	Prod* kg óleo/pl
1	A ₁ -9,6	23,6	21,6 bc	59,0	33,5 a	9,6
2	A ₂ -6,1	20,6	22,4 ab	44,8	33,6 a	6,1
3	A ₃ -2,7	23,1	22,2 ab	43,6	30,9 b	2,7
4	A ₄ -6,3	23,6	22,3 ab	46,6	30,9 b	6,3
5	A ₅ -3,0	24,5	22,1 ab	39,2	31,5 b	3,0
6	A ₆ -7,4	22,8	22,6 ab	42,2	31,0 b	7,4
7	A ₇ -2,8	23,9	22,4 ab	46,5	31,3 b	2,8
8	A ₈ -4,8	23,7	21,0 c	46,5	31,4 b	4,8
9	A ₉ -3,0	23,9	22,8 a	46,6	31,4 b	3,0
10	A ₁₀ -2,4	23,9	21,8 abc	46,5	31,3 b	2,4
11	A ₁₁ -2,0	23,8	21,9 abc	43,5	30,9 b	2,0
12	A ₁₂ -2,0	26,8	22,2 ab	46,5	31,5 b	2,0
13	A ₁₃ -2,3	24,0	22,1 ab	46,4	31,0 b	2,3
14	A ₁₄ -2,1	25,6	22,1 ab	44,9	35,0 a	2,1
15	A ₁₅ -1,0	23,8	22,0 abc	46,5	31,5 b	1,0
16	A ₁₆ -0,8	24,3	22,4 ab	46,4	31,5 b	0,8
17	A ₁₇ -4,2	27,1	21,6 bc	44,7	34,3 a	4,2
18	A ₁₈ -4,7	25,7	22,1 ab	50,8	34,9 a	4,7
19	A ₁₉ -6,3	26,2	22,1 ab	47,4	31,3 b	6,3
20	A ₂₀ -3,6	24,8	22,2 ab	38,6	30,6 b	3,6
21	A ₂₁ -4,9	23,6	22,4 ab	47,4	31,1 b	4,9
22	A ₂₂ -5,2	22,1	22,1 ab	55,7	31,3 b	5,2
CV (%)	-	-	1,14	-	1,11	-

¹Médias seguidas por letras distintas na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

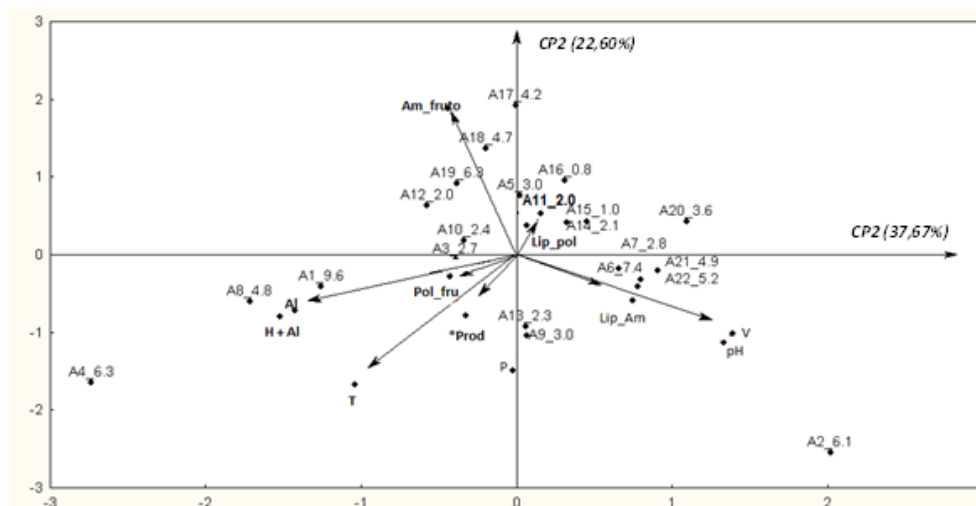


Figura 1. Gráfico bidimensional dos componentes principais 1 e 2 mostrando as distribuições das amostras e dos autovetores das variáveis analisadas.

CP₂ (eixo vertical), as variáveis com maior poder discriminatório foram: Am_fruto (0,79), T (-0,70) e P (-0,63), na qual, os valores contidos nos parênteses representam as correlações entre cada variável e um componente principal.

Considerando os dois eixos CP₁ e CP₂ ortogonais (Figura 1) tem-se a distribuição das amostras resumidas num plano bidimensional. As amostras que estão próximas à origem (0,0), não contribuem para o estudo, ou seja, não possuem características discriminatórias, indicando que os padrões dessas amostras estão dentro de uma média estatística e acompanham distribuição normal (Hicks, 1973). As amostras A_{1-9,6}, A_{2-6,1}, A_{4-6,3}, A_{8-4,8}, A_{18-4,7} e A_{17-4,2} se posicionaram dentro de uma região periférica tendo características próprias relevantes. Nas amostras localizadas abaixo do eixo, em geral, são aquelas com maior produtividade de óleo por planta distribuída tanto em solos com alta ou de baixa fertilidade (Figura 1). Na comparação com outras condições edafoclimáticas da Amazônia, os localizados no Estado do Acre são, na sua maior parte, os locais que apresentam as maiores fertilidades do solo (Bergo et al., 2006).

As amostras A_{1-9,6}, A_{4-6,3} e A_{8-4,8} apresentaram boas produtividades em solo com elevada saturação por Al³⁺ trocável e H⁺+Al³⁺, enquanto a amostra A_{2-6,1} em solos com melhor fertilidade, caracterizado pelos altos valores de pH e saturação por bases (V%). Os dados localizados na horizontal à esquerda e na vertical abaixo também apresentam boas produtividades (Figura 1). Tais

resultados novamente demonstram a presença de grande variabilidade entre as plantas, como relatado por Schroth et al. (2004). Cabe destacar que se os vetores estão associados as variáveis respostas e se as variáveis num biplot apresentarem os vetores curtos e bem próximos da origem, estes não estão contribuindo com resposta positiva (Yan & Tinker, 2006) para o incremento da

produtividade de amêndoas de tucumã.

De acordo com Barbosa et al. (2009), o tucumazeiro pode ter boa produtividade em solos de baixa fertilidade natural. Essa característica é fator importante no manejo dessa cultura, visto o elevado custo dos fertilizantes e corretivos na região (Lehmann et al. 2001; Moreira e Gonçalves, 2006), dificulta a utilização destes produtos, principalmente, por pequenos produtores. Nos vetores da análise de componentes principais demonstram a associação entre os fatores P disponível, CTC, H⁺+Al³⁺, Al³⁺ trocável e a produtividade de óleo por planta. Assim, quanto mais abaixo for a posição da amostra, maior tendência que ocorra alta produtividade. Em contrapartida, as amostras que apresentam as maiores quantidades de amêndoa nos frutos (Am-fr) têm tendência a apresentar as menores produtividades.

Como o terceiro autovalor foi acima da unidade, tem-se ainda uma informação relevante a ser considerada, e assim pode ser construído o plano bidimensional formado pelos eixos CP₁ e CP₃ (Figura 2). A variabilidade retida nestes dois componentes explica 52,1% da variabilidade original, sendo que CP₁ e CP₃ retêm cada um, 37,7% e 14,4%, respectivamente.

As variáveis com maior poder discriminatório foram: Lip_pol (-0,80), Pol_fruto (-0,67). Assim, as amostras A_{1-9,6}, A_{2-6,1} e A_{8-4,8} possuem maiores quantidades de polpa nos frutos e de lipídios na polpa, enquanto a A_{20-3,6} menores quantidades. De acordo com a Figura 2, verificou-se que as amostras A_{1-9,6}, A_{8-4,8} e A_{2-6,1} possuem maior produtividade de óleo

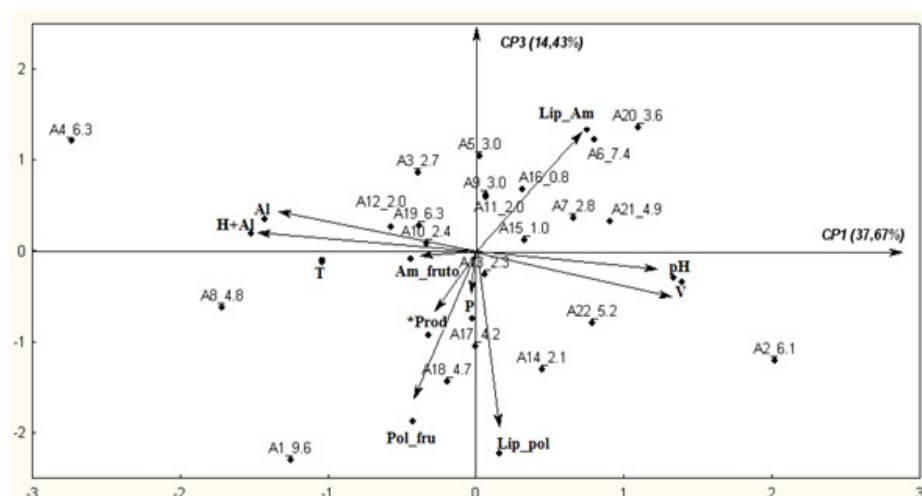


Figura 2. Gráfico bidimensional dos componentes principais 1 e 3 mostrando as distribuições das amostras e dos vetores das variáveis analisadas.

por planta e que os autovetores CP_1 e CP_3 apresentam associação entre a variável quantidade de polpa nos frutos e a produtividade de óleo por planta. Assim, amostras (plantas) localizadas abaixo do autovetor CP_3 tendem a ter maior produtividade de lipídios.

Conclusões

A variabilidade genética e os atributos químicos do solo influenciaram na quantidade de lipídios totais contidos na amêndoa e na polpa.

O tucumazeiro possui boa produtividade em óleo, mesmo em solos ácidos, de média a baixa fertilidade natural.

Literatura Citada

- BACELAR-LIMA, C. G.; MENDONÇA, M. S.; BARBOSA, T. C. T. S. 2006. Morfologia floral de uma população de Tucumã, *Astrocaryum aculeatum* Meyer (Arecaceae) na Amazônia Central. *Acta Amazonica* (Brasil) 36(4):407-412.
- BARBOSA, B. S. et al. 2009. Aproveitamento dos óleos de amêndoa de tucumã do Amazonas para produção de biodiesel. *Acta Amazonica* (Brasil) 39(2):371-376.
- BERGO, C. L. et al. 2006. Avaliação de espécies leguminosas na formação de cafezais no segmento da agricultura familiar no Acre *Acta Amazonica* (Brasil) 36(1):19-24.
- CAVALCANTE, P. B. 1996. Frutas comestíveis da Amazônia. Belém, CNPq/Museu Paraense Emílio Goeldi. 279p.
- CLEMENT, C. R.; ARKCOLL, D. B. 1991. The pejibaye (*Bactris gasipaes* H.B.K., Palmae) as an oil crop: potential and breeding strategy. *Oléagineux* (França) 46(7):293-299.
- CLEMENT, C. R.; LLERAS PÉREZ, E.; van LEEUWEN, J. 2005. O potencial das palmeiras tropicais no Brasil: acertos e fracassos das últimas décadas. *Agrociências* (Brasil) 9:67-71.
- FERREIRA, E. S. et al. 2008. Caracterização físico-química do fruto e do óleo extraído de tucumã (*Astrocaryum vulgare* Mart.). *Alimentos e Nutrição* (Brasil) 19:427-433.
- HICKS, C. R. 1973. Fundamental concepts in the design of experiments. New York, Holt, Rinehart & Wilson. 349p.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. 1985. Normas de Análise do Instituto Adolfo Lutz. São Paulo, Instituto Adolfo Lutz. 533p.
- LEHMANN, J. et al. 2001. Phosphorus management for crops in Central Amazonian upland soils. *Plant and Soil* 237:309-319.
- LORENZI, H.; SOUZA, H. M.; MEDEIROS-COSTA, J. T. 1996. Palmeiras do Brasil: nativas e exóticas. Nova Odessa, Editora Plantarum. 306p.
- MIRANDA, I. P. et al. 2001. Frutos de Palmeiras da Amazônia. Manaus, AM, Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia. 120p.
- MENDONÇA, M. S. 1996. Aspectos morfológicos das sementes de algumas espécies de palmeiras (Arecaceae = Palmae) da Amazônia. Tese Concurso de Professor Titular, Universidade do Amazonas, Manaus, AM. 68p.
- MOREIRA, A.; GONÇALVES, J. R. P. 2006. Available phosphorus and potassium status of soils of Amazonas State. *Better Crops with Plant Food* 90:21-23.
- PESCE, C. 1941. Oil palms and other oilseeds of the Amazon. Belém, PA, *Revista de Veterinária* (Brasil). 131p.
- PEREIRA, F. E. A. 2007. Biodiesel produzido a partir do óleo de sementes de *Mabea fistulifera*. Dissertação Mestrado. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa. 87p.
- PIMENTEL GOMES, F.; GARCIA, C. H. 2002. Estatística aplicada a experimentos agrônomicos e florestais. Piracicaba, SP, FEALQ. 309p.
- RAIJ, B. et al. 1997. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. Campinas, SP, Instituto Agrônomo. 285p.
- SHANLEY, P.; MEDINA, G. 2005. Frutíferas e plantas úteis na vida amazônica. Belém, PA, CIFOR. 300p.
- SCHROTH, G. et al. 2004. Extractive use, management and in situ domestication of a weedy palm, *Astrocaryum tucuma*, in the central Amazon. *Forest Ecology and Management* 202:161-179.
- YAN, W.; TINKER, N. A. 2006. Biplot analysis of multi-environment trial data: principles and applications. *Canadian Journal of Plant Science* 86: 623-645.

GAS EXCHANGE OF COWPEA VARIETIES SUBJECTED TO SALT STRESS

*Daniela Siqueira Coelho, José Aliçandro Bezerra da Silva, Russaika Lírio Nascimento,
Vanessa de Souza Oliveira, Juliano Athayde Silva*

Laboratory of Cytology and Plant Physiology, Federal University of São Francisco Valley, Boulevard Antonio Carlos Magalhães, 510, Santo Antônio, 48902-300, Juazeiro, Bahia, Brazil, daniela.coelho@hotmail.com.br; alissandrojbs@hotmail.com; nrussaika@gmail.com; vanessa.solliveira@gmail.com; julianoathayde@hotmail.com.

Salt stress influences growth and development of the plants. In order to survive under these conditions, response mechanisms are developed and might be differently expressed by varieties of the same crop. This study aimed to evaluate physiological changes in the two cowpea varieties, subjected to salt stress conditions. The experiment was carried out in a greenhouse. A completely randomized design was adopted, with a 2 x 2 factorial considering 2 varieties (BRS Tapaihum and BRS Pujante) and two types of irrigation water (saline and non-saline). The water supply with saline solution of 10 dS m⁻¹, prepared with NaCl, started at 41 days after sowing and was applied daily for seven days. Chlorophyll and gas exchange indices were measured during the application of the treatments. At the end, shoot fresh and dry weight (leaves and stem), relative water content and leaf Na⁺ and Cl⁻ concentrations were measured. The results showed that the varieties BRS Tapaihum and BRS Pujante resisted to salinity levels of 10 dS m⁻¹ for seven days. BRS Pujante accumulated more Cl⁻ compared to BRS Tapaihum, which caused the reduction in chlorophyll contents and the greater drop in photosynthetic activity.

Key words: salinity, *Vigna unguiculata*, physiological exchanges, chlorophyll index

Trocas gasosas em variedades de Feijão submetidas a salinidade. O estresse salino interfere diretamente no crescimento e desenvolvimento das plantas. Para sobreviver a essas condições, são desenvolvidos mecanismos de resposta que podem se manifestar de forma diferenciada entre variedades de uma mesma cultura. O objetivo deste trabalho foi avaliar alterações fisiológicas em duas variedades de feijão caupi submetidas a condições de estresse salino. O trabalho foi conduzido em casa de vegetação, utilizando vasos de polietileno com capacidade de 3,0 L. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado organizado em esquema fatorial 2 x 2, considerando 2 variedades (BRS Tapaihum e BRS Pujante) e 2 tipos de água: não-salina e salina. As aplicações com solução salina de 10 dS m⁻¹, preparada com NaCl, foram iniciadas aos 41 dias após a semeadura, sendo realizada por sete dias. Durante a aplicação dos tratamentos foram realizadas as medidas dos índices de clorofila e das trocas gasosas. Ao final, foram avaliadas a massa fresca e seca da parte aérea (folha e caule), conteúdo relativo de água e as concentrações de Na⁺ e Cl⁻ nas folhas. Os resultados mostraram que as variedades BRS Tapaihum e BRS Pujante resistiram a níveis de salinidade de 10 dS m⁻¹ por sete dias. A variedade BRS Pujante acumulou maior Cl⁻ em relação à BRS Tapaihum, o que influenciou na redução dos teores de clorofila e em uma maior queda da atividade fotossintética.

Palavras-chave: salinidade, *Vigna unguiculata*, trocas fisiológicas, índice de clorofila.

Introduction

Considering the fast population growth and the search for better life quality for people, the use of water with higher salt concentrations has become an alternative to irrigation of crops in areas with low availability of good quality water (Lima et al., 2007). However, its inadequate use may cause soil salinization, especially in the environmental conditions of Northeastern Brazil, where high evaporation rates and low rainfall occur, favoring salt accumulation through the process of capillary rise (Carneiro et al., 2004).

The excess of salts in soil may lead to negative effects on crops, changing metabolic, physiological and anatomical functions that contribute to the reduction of growth and interfere directly with productivity (Aragão et al., 2010). These changes in plant metabolism are usually caused by the osmotic effect and/or the excessive accumulation of ions in plant tissues, which may cause both ionic toxicity and nutritional imbalance (Soares et al., 2002).

Osmotic stress is a result of the reduction in water availability to plant, which favors stomatal closure and consequently leads to a series of problems, such as reduction in gas exchange by limiting CO₂ absorption (Bezerra et al., 2003). As for the accumulation of specific ions such as sodium and chloride, it can cause necrosis in plant tissues and accelerate senescence of older leaves, thus reducing the area used for photosynthesis (Munns, 2002). Neves et al. (2009) state that salt accumulation in chloroplasts can even cause damages in both the photosynthetic apparatus and the enzymatic system for CO₂ fixation.

Therefore, it is observed that the disturbances and injuries caused by the excess of salts affect plant metabolism and can cause death if the plant does not develop stress tolerance mechanisms.

In order to survive to these conditions, some species have developed mechanisms to minimize the negative effects of salt excess in the soil. In general, plants try to avoid excessive salt accumulation, especially in the photosynthetic tissue, or accumulate salt in a compartmentalized way, avoiding its interference with essential processes and functions (Oliveira, Gomes-Filho, Enéas-Filho, 2010).

Among the biochemical strategies used by plants, it can be listed selective ion accumulation or exclusion,

control of ion uptake and transport to leaves, ion compartmentation in cellular (vacuole) and structural (leaves) levels, osmolyte synthesis, changes in photosynthetic pathways, changes in membrane structures, and induction of antioxidant enzymes and hormones (Esteves e Suzuki, 2008). Thus, the level of saline stress tolerance for plants will depend upon the adoption of one or more of these mechanisms and its/their efficiency in the reduction of damages caused by salts in excess, which may vary between different species, or even between varieties of the same species (Parida e Das, 2005).

Cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp] is moderately adapted to salinity, whose tolerance has been associated, at least in part, with the restriction of Na⁺ accumulation in leaves, which is compartmentalized in the root system in the initial stages of salinity exposure (Cavalcanti et al., 2004). This crop plays an important role in the feeding of people who live in the Northeastern region of Brazil, for not only being part of the local agriculture, generating employment and income, but also for providing food with high nutritional value (Lima et al., 2007).

The objective of this study was to evaluate the cowpea varieties BRS Tapaihum and BRS Pujante, under saline stress conditions.

Materials and Methods

The experiment was carried out in a greenhouse of the Federal University of São Francisco Valley, Juazeiro-BA, Brazil (09°24'42"S/40°30'59"W, 370 m). The region has semi-arid tropical climate, Köppen classification is BShw', with average annual rainfall of 400 mm, average relative humidity of 67.8%, average temperature of 26.5 °C and wind speed of 2.3 m s⁻¹ (Reddy e Amorim Neto, 1983).

Two cowpea varieties, BRS Tapaihum and BRS Pujante, were cultivated in 3-L polyethylene pots, with three holes in the bottom to allow the drainage of excess irrigation water. The pots were placed on a 1-m high bench and filled with a substrate composed of clay soil and sand in 1:1 (v/v) ratio. Then, three seeds were placed at 2 cm depth in the substrate of each pot. The water supply was performed every day in the afternoon pouring 250 mL of water non-saline (EC_w = 0.05 dS m⁻¹) in each pot in order to increase soil moisture to its field capacity.

For maintaining plant growth, 200 mL of Hoagland e Arnon (1950) solution was applied from the 11th day after sowing on, twice a week. The thinning was performed at the 15th day after sowing, leaving only one plant per pot.

After 41 days, both varieties were subjected to two treatments for a period of seven days: water supply with and without the addition of saline solution, prepared with NaCl, presented 10 dS m^{-1} (250 mL per pot). The statistical design was completely randomized in a 2x2 factorial scheme, with six replicates.

Chlorophyll and gas exchange readings started 24h after treatments application, and were performed on a daily basis for seven uninterrupted days. The portable meter clorofiLOG, model CFL 1030 (Falker), was used for chlorophyll measurements, all performed in the afternoon 30 min before the first evaluation of gas exchange.

An infrared gas analyzer (IRGA – Model Li-6400) was used for gas exchange determinations. Measurements were performed in mature and healthy leaves close to the base of the plant, in the afternoon, from 14h:00min to 15h:00min. In the gas exchange measurements the following variables were analyzed: photosynthetically active radiation (PAR), CO_2 net assimilation rate (A), transpiration rate (E) and stomatal conductance (g_s).

After chlorophyll and gas exchange measurements, the leaf relative water content (RWC) was determined. For this, discs of healthy leaves exposed to solar radiation were removed and immediately weighed in order to obtain fresh weight (FW). Then, the leaf discs were placed on Petri dishes and immersed in deionized water for 24 hours. After drying with paper towel, the discs were weighed for turgid weight (TW) and taken to an oven at 65°C until constant mass for dry weight (DW) determination.

At the end, plant shoot was removed and stem and leaves were separated. Then, the material was placed in paper bags and immediately weighed in order to determine fresh weight. The bags were later taken to an oven at 65°C , left there for one week and then the dry weight determined.

Soil samples were also collected from each pot, and a compound sample of each treatment was used for electrical conductivity determination through soil saturation extract in order to verify the soil salinity level at the end of the experiment.

Later, Na^+ and Cl^- concentrations were determined in dry leaf samples, which were separately ground and accommodated in properly identified flasks. Sodium was extracted from the leaves through the digestion of 0.5 g of the material in 6 mL of nitric-perchloric solution (5:1), for later analysis on a flame photometer (EMBRAPA, 2011).

The concentration of Cl^- was determined through the Mohr's method; placing 1 g of leaf sample in 100 mL of a $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ solution at 0.085 mol.L^{-1} under agitation for 15 minutes. Then, samples were filtered, 10 mL of the extract were removed and it was added 1 mL of the indicator potassium chromate (K_2CrO_4) at 5% (w/v) for later titration with silver nitrate (AgNO_3).

The results were subjected to analysis of variance and treatment means were compared through Tukey test at 0.05 of probability.

Results and Discussion

In general, regardless of the evaluated parameters and the variety, cowpea plants showed resistance to salinity, since they could resist to levels of 10 dS m^{-1} for a period of seven days without significant leaf losses or death.

As for gas exchange evaluations, it was observed a steep decrease in photosynthetic rates in plants under saline conditions right in the first two days of the stress imposition (Figura 1). Plants of BRS Tapaihum, under saline conditions, showed the highest photosynthetic rates; however, it was less resistant to saline stress showing a reduction of 76% in photosynthetic activity under such conditions.

It was also observed a significant decrease in photosynthetic rates of both varieties during the fifth day of measurements. This reduction might be related to the drop of the photosynthetically active radiation (PAR) that occurred in the same period (Figure 1). The reduction of light intensity may often be below the light saturation point, thus reducing the photosynthetic process, as stated by Lopes et al. (1986).

The decrease in the photosynthetic rate for both varieties under saline stress was correlated with the reduction of stomatal conductance and consequently transpiration, which was caused by stomatal closure in response to the limitation of water uptake caused by the decrease of the soil osmotic potential (Bezerra et

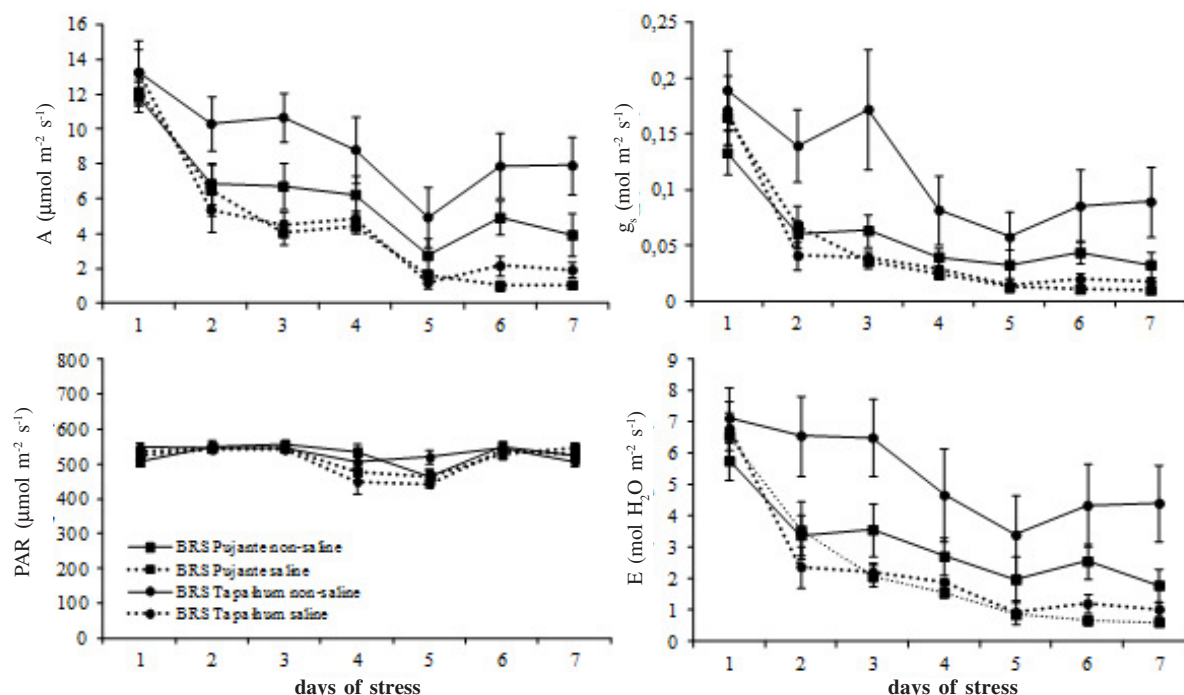


Figure 1. Net assimilation rate (A), stomatal conductance (g_s), photosynthetically active radiation (PAR) and transpiration rate (E) in varieties of cowpea BRS Pujante and BRS Tapaihum subjected to saline and non-saline water supply. The vertical bars represent the standard error of the mean.

al., 2005). This can be confirmed by Munns (2002), who states that during short-term saline stress the osmotic effects of salts prevails, causing the water potential in the root zone to decrease and restrict water uptake.

Regarding the evaluations of chlorophyll indices, it was possible to observe a reduction of chlorophylls only in the variety BRS Tapaihum when subjected to saline stress (Figura 2). This may have been another factor that allowed a greater drop in the photosynthetic activity of this variety. Chlorophylls are pigments that activate the process of electron transfer through the photosystems, which are important protein complexes for the performance of the photochemical and biochemical phases of the photosynthetic activity.

Reductions of chlorophylls a and b were also observed in rice (Lima et al., 2004), and castor bean (Silva et al., 2001) under saline stress. This reduction of chlorophyll content is probably associated with the possible inhibition of the synthesis of 5-aminolevulinic acid, a chlorophyll precursor (Santos, 2004), or the increase of the chlorophyllase activity which degrades chlorophyll (Lima et al., 2004).

According to the variance analysis, significant interaction between varieties and salinity was observed

for leaf Na^+ and Cl^- content. In this case, saline solution application enhanced Na^+ content only in BRS Tapaihum, with a percentage increase of 47% compared to non-stressed plants (Table 1).

As for Cl^- content (Table 1), it was observed a significant increase in the leaves of both varieties subjected to saline conditions. However, Cl^- content was higher in the leaves of BRS Pujante than for BRS Tapaihum. This increase in Cl^- content may be the main

Table 1. Concentration of Na^+ and Cl^- in leaves of the cowpea varieties BRS Pujante and BRS Tapaihum subjected to saline and non-saline water supply

Varieties	Treatments	
	Non-Saline	Saline
Na^+ (g kg^{-1} of DW)		
BRS Pujante	0,48 aA*	0,53 aB
BRS Tapaihum	0,57 bA	0,84 aA
Cl^- (g kg^{-1} of DW)		
BRS Pujante	0,75 bA	14,37 aA
BRS Tapaihum	0,93 bA	7,47 aB

* Same lowercase letter between treatments and same uppercase letter between varieties do not differ by Tukey test at .05 probability.

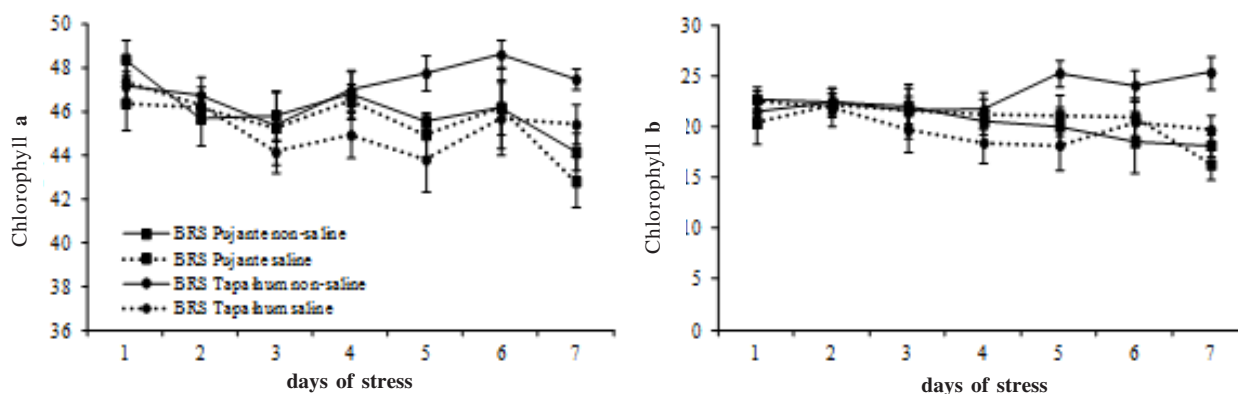


Figure 2. Chlorophyll a and b in cowpea varieties BRS Pujante and BRS Tapaihum subjected to saline and non-saline water supply. The vertical bars represent the standard error of the mean.

factor that has influenced photosynthetic activity, since the variety BRS Pujante was the one with the lowest photosynthetic rates in the last days of measurement.

When compared to the Cl^- content, appears that there was a smaller increase in Na^+ content in cowpea leaves. Assis Junior et al. (2007) and Souza et al. (2011) observed that in bean leaves Cl^- content was much higher than Na^+ content, which disagrees with the results in this study. Dutra et al. (2011) showed that Cl^- content in cowpea leaves is higher than Na^+ content, and that the opposite happens in the roots.

This result indicates that the varieties probably used some sort of active mechanism that restricted the significant accumulation of this element in the leaves, and it may be an exclusion mechanism or a mechanism for retaining Na^+ in other plant organs, such as the roots (Cavalcanti et al., 2004; Trindade et al., 2006). Praxedes et al. (2010) reported that the mechanism of restriction of Na^+ transport to the shoot is a characteristic associated to salinity tolerance.

As shown in Table 2, it was possible to observe significant differences between plants subjected to saline and non-saline conditions, regardless of the evaluated variety, for leaf relative water content, and fresh and dry weights of leaves and stem.

The leaf relative water content (RWC) was reduced for both varieties, showing that the salt stress influence the absorption and water accumulation in plant tissues. The mechanisms of osmotic adjustment possibly developed by the varieties were not efficient to reestablish the water status of the plants (Martínez et al., 2004).

Water status in plants may vary from species to species when subjected to saline stress. Silva et al.

(2009) verified that leaves of Physic nuts (*Jatropha curcas*) showed increases in relative water content when plants were subjected to saline solutions of 75 and 100 mmol L^{-1} of NaCl, revealing an inverse effect, in which the excess of accumulated ions has contributed to water retention in leaf tissues.

Shoot fresh and dry weight of both cowpea varieties was significantly reduced by salinity. Similar results were found by Costa et al. (2003) for varieties of *Vigna unguiculata*. Lima et al. (2007) verified expressive reduction in shoot dry weight from the saline level correspondent to 2.13 dS m^{-1} on, decreasing in 22.6% compared to control plants; however, the greatest reduction was found for the highest saline level (5.0 dS m^{-1}), with a decrease of 67%.

These results are associated with the osmotic, toxic and nutritional effects resulting from the availability and accumulation of salts in the plant root zone, which affect CO_2 net assimilation, inhibit leaf expansion and accelerate senescence of mature leaves, consequently reducing the area destined for the photosynthetic process and the total production of photoassimilates (Munns, 2002; Lacerda et al., 2006).

Table 2. Relative water content (RWC), dry and fresh weight of the leaves and stem

Treatments	RWC (%)	Dry Weight (g)		Fresh Weight (g)	
		Leaves	Stem	Leaves	Stem
Non-Saline	80,43 a	2,46 a*	1,35 a	16,21 a	8,67 a
Saline	72,84 b	1,68 b	1,08 b	11,47 b	6,57 b

* Same letter between treatments do not differ by Tukey test at .05 probability.

Conclusions

Both varieties BRS Tapaihum and BRS Pujante were severely affected by salinity level of 10 dS m⁻¹ of the water applied for seven days, with significant reduction of shoots fresh and dry mass.

Photosynthetic activity in BRS Tapaihum was more affected by salinity than BRS Pujante and may be associated with toxic effects of sodium accumulated in greater quantity in this variety.

Literature Cited

- ARAGÃO, R. M. et al. 2010. Absorção, fluxo no xilema e assimilação do nitrato em feijão-caupi submetido à salinidade. *Revista Ciência Agronômica* (Brasil) 41(1):100-106.
- ASSIS JÚNIOR, J. O. et al. 2007. Produtividade do feijão-de-corda e acúmulo de sais no solo em função da fração de lixiviação e da salinidade da água de irrigação. *Engenharia Agrícola* (Brasil) 27(3):702-713.
- BEZERRA, M. A. et al. 2005. Crescimento e fotossíntese de plantas jovens de cajueiro anão-precoce sob estresse salino. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* (Brasil) 9:90-94.
- BEZERRA, M. A. et al. 2003. Fotossíntese de plantas de cajueiro-anão precoce submetidas ao estresse salino. *Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticulture* 47:149-152.
- CARNEIRO, P. T. et al. 2004. Salt tolerance of precocious-dwarf cashew rootstocks: physiological and growth indexes. *Scientia Agrícola* (Brasil) 61(1):9-16.
- CAVALCANTI, F. R. et al. 2004. Superoxide dismutase, catalase and peroxidase activities do not confer protection against oxidative damage in saltstressed cowpea leaves. *New Phytologist* 163(3):563-571.
- COSTA, P. H. A. et al. 2003. Crescimento e níveis de solutos orgânicos e inorgânicos em cultivares de *Vigna unguiculata* submetidos à salinidade. *Revista Brasileira de Botânica* 26(3):289-297.
- DUTRA, A. T. B. et al. 2011. Temperaturas elevadas afetam a distribuição de íons em plantas de feijão Caupi prétratadas com NaCl. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 15(11): 403409.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. 2011. Manual de métodos de análise de solo. 2 ed. Rio de Janeiro, RJ, Embrapa Solos. 230p.
- ESTEVES, B. S.; SUZUKI, M. S. 2008. Efeito da salinidade sobre as plantas. *Oecologia Brasiliensis* 12(4): 662-679.
- HOAGLAND, D. R.; ARNON, D. I. 1950. The water culture method for growing plants without soils. Berkeley, California Agricultural Experimental Station. 347p.
- LACERDA, C. F. et al. 2006. Morpho-physiological responses of cowpea leaves to salt stress. *Brazilian Journal Plant Physiology* (Brasil) 18(4):455-465.
- LIMA, C. J. G. et al. 2007. Resposta do feijão caupi a salinidade da água de irrigação. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável* (Brasil) 2(2):79-86.
- LIMA, M. G. S. et al. 2004. Efeito do estresse salino sobre a concentração de pigmentos e prolina em folhas de arroz. *Bragantia* (Brasil) 63(3):335-340.
- LOPES N. F. et al. 1986. Crescimento e conversão de energia solar em *Phaseolus vulgaris* submetido a três densidades de fluxo radiante e dois regimes hídricos. *Revista Ceres* (Brasil) 33(186):142-114.
- MARTÍNEZ, J. P. et al. 2004. Is osmotic adjustment required for water stress resistance in the Mediterranean shrub *Atriplex halimus* L. *Journal of Plant Physiology* 161:1041-1051.
- MUNNS, R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. *Plant and Cell Environment* 25: 239-250.
- NEVES, A. L. R. et al. 2009. Trocas gasosas e teores de minerais no feijão-de-corda irrigado com água salina em diferentes estádios. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 13: 873-881.
- OLIVEIRA, A. B., GOMES-FILHO, E.; ENÉAS-FILHO, J. 2010. O problema da salinidade na agricultura e as adaptações das plantas ao estresse salino. *Enciclopédia Biosfera* (Brasil) 6(11):1-16.
- PARIDA, A. K.; DAS, A. B. 2005. Salt tolerance and salinity effects on plants: A review. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 60(3): 324-349.
- PRAXEDES, S. C. et al. 2010. Salt tolerance is associated with differences in ion accumulation, biomass allocation and photosynthesis in cowpea cultivars. *Journal of Agronomy and Crop Science* 196:193-204.
- REDDY, S. J.; AMORIM NETO, M. S. 1983. Dados de precipitação, evapotranspiração potencial, radiação solar global de alguns locais e classificação climática do Nordeste do Brasil. Petrolina, PE, EMBRAPA/CPATSA. 280p.
- SANTOS, C. V. 2004. Regulation of chlorophyll biosynthesis and degradation by salt stress in sunflower leaves. *Scientia Horticulturae* 103(1): 93-99.
- SILVA, A. P. et al. 2001. Crescimento vegetativo do quiabeiro em função da salinidade da água de irrigação. *Revista Irriga* (Brasil) 6:1-6.
- SILVA, E. N. et al. 2009. Contribuição de solutos orgânicos e inorgânicos no ajustamento osmótico de pinhão-mansão submetido à salinidade. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 44(5):437-445.
- SOARES, F. A. L. et al. 2002. Water salinity and initial development of yellow passion fruit. *Scientia Agrícola* (Brasil) 59(3):491-497.
- SOUZA, R. P. et al. 2011. Fotossíntese e acúmulo de solutos em feijoeiro caupi submetido à salinidade. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 46(6):586-592.
- TRINDADE, A. R. et al. 2006. Influência do acúmulo e distribuição de íons sobre a aclimação de plantas de sorgo e feijão-de-corda, ao estresse salino. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* (Brasil) 10(4):804-810.

ATIVIDADE ANTIMICROBIANA DE EXTRATOS DE SEMENTES DE MORINGA CONTRA BACTÉRIAS ISOLADAS EM FONTES DE ÁGUAS CONTAMINADAS

Vanuze Costa de Oliveira¹, Shirleyde Alves dos Santos², Thúlio Antunes de Arruda³, Luciana dos Santos Almeida⁴

¹Universidade Federal de Lavras (UFLA) - Departamento de Ciência do Solo, 37200-000, Lavras, Minas Gerais, Brasil, vanuze.costa@gmail.com. ²Universidade Estadual da Paraíba (UEPB) - Departamento de Agroecologia e Agropecuária, 58117-000, Lagoa Seca, Paraíba, Brasil, shirleyde.santos@gmail.com. ³Universidade Estadual da Paraíba (UEPB) - Departamento de Farmácia, 58100-000, Campina Grande, Paraíba, Brasil, thulioantunes@gmail.com. ⁴Universidade Estadual da Paraíba (UEPB) - Departamento de Agroecologia e Agropecuária, 58117-000, Lagoa Seca, Paraíba, Brasil, annalmeida.s@gmail.com.

A água é essencial à vida na Terra, no entanto, problemas relacionados à sua poluição estão sendo cada dia mais comuns. Alternativas ao combate à poluição hídrica tem despertado o interesse de pesquisadores; dentre as alternativas está o uso de plantas para a purificação da água, como o uso de sementes de moringa, que é uma planta que vem sendo utilizada como agente clarificante da água. Objetivou-se verificar a atividade antimicrobiana de extratos de sementes de moringa contra bactérias isoladas de amostras de água de fontes contaminadas em uma comunidade rural no município de Lagoa Seca - PB. Foram utilizados como solventes para a semente moída o álcool etílico absoluto P.A. e o álcool etílico hidratado - 50% de água. As amostras de água de fontes potencialmente contaminadas foram analisadas e amostras de *Escherichia coli* e *Enterococcus faecalis* foram isoladas. Todas as amostras testadas se mostraram resistentes aos extratos de *Moringa oleifera*.

Palavras-chave: água para consumo humano, saúde pública, tratamento de água, *Moringa oleifera*.

Antimicrobial activity of seeds moringa extracts against bacteria isolated in contaminated waters sources. The water is essential to the life in the Earth, however, problems related their pollutions are more commons. Alternatives to combat of pollution of water has aroused the interest of researchers. Among such alternatives is the use of plants for water purification, as the use of moringa seeds, which is a plant that has been used as clarifying agent of water. If aimed to evaluate the antimicrobial activity of moringa seed extracts against bacteria isolated sampled of sources of water contaminated in a rural community in the municipality of Lagoa Seca -PB. Was used the ethyl alcohol hydrated solvent - 50 % water. The water samples of sources potentially contaminated were analyzed and samples of *Escherichia coli* and *Enterococcus faecalis* were isolated. All samples tested were resistant to the extracts of *Moringa oleifera*.

Key words: drinking water, public health, water treatment, *Moringa oleifera*.

Introdução

A água é essencial para a existência e bem-estar do ser humano, devendo ser disponível em quantidade suficiente e de boa qualidade como garantia da manutenção da vida. Apesar de ser de conhecimento da maior parte da população mundial que a água é fundamental para a existência da vida na Terra, existe ainda um problema grave que tem comprometido a qualidade desse bem natural, que é a sua poluição.

As causas da poluição das águas são cada vez mais evidentes devido ao alto grau de urbanização aliada à falta de ações de saneamento básico, desenvolvimento da indústria e o aumento da produção agrícola (Nápoles et al., 2010).

Devido ao aumento da necessidade hídrica na zona rural, os moradores de muitas das referidas comunidades sentem-se “obrigados” a consumirem água que muitas vezes não está adequada para o consumo humano, o que os torna alvo de doenças ocasionadas por microrganismos, especialmente porque a água consumida na maior parte das vezes não recebe o tratamento adequado (Vieira et al., 2015).

As populações mais afetadas são as de países em desenvolvimento, principalmente pessoas que moram em áreas peri urbanas ou população rural. As doenças de veiculação hídrica apresentam um risco de ocorrência alto no meio rural, em função da possibilidade de contaminação bacteriana de águas (Amaral et al., 2006).

Neste sentido, pesquisas tem sido realizadas com o intuito de buscar alternativas que minimizem os problemas relacionados à poluição da água para consumo. Como exemplo destas alternativas, poder-se-ia citar o uso de extratos de partes de plantas para a purificação da água.

Dentre as espécies vegetais, a *Moringa oleifera* Lam é uma planta cujas sementes vêm sendo utilizadas como agente clarificante no tratamento de água em substituição aos sais de alumínio (Gallão et al., 2006). A clarificação de águas é justificada pela presença de aminoácidos com forte capacidade de aglutinação que atuam como floculantes, o que possibilita eliminar a turbidez, micropartículas, fungos, bactérias e vírus (Pozzobon & Kempka, 2015).

Assim sendo, estas sementes contêm proteínas com baixo peso molecular e, quando seu pó é dissolvido em água, se obtêm carga positivas que atraem as partículas

negativas das argilas e siltes, formando partículas densas que se sedimentam, removendo assim a turbidez da água (Amagloh & Benang, 2009).

Neste contexto, objetivou-se verificar a atividade antimicrobiana de extratos de sementes de *M. oleifera* Lam contra bactérias isoladas de amostras de água de fontes contaminadas em uma comunidade rural no município de Lagoa Seca - PB.

Material e Métodos

O estudo foi realizado no Laboratório de Microbiologia de Alimentos pertencente ao Centro de Ciências Agrárias e Ambientais da Universidade Estadual da Paraíba, localizado no zona rural do Município de Lagoa Seca - PB, cujas coordenadas geográficas são: latitude 07° 10' 15" S, longitude 35° 51' 13" W e altitude de 634 m, conforme Nóbrega e Suassuna (2004).

Foram utilizadas sementes de moringa, coletadas de plantas cultivadas em duas comunidades da zona rural do mesmo município. Para a obtenção do extrato, foram utilizados como solventes o álcool etílico absoluto P.A. e o álcool etílico hidratado - 50 % de água, devido a sua baixa toxicidade (não inibindo o bioensaio), bom desempenho no processo extrativo e boa viabilidade econômica. Os extratos etanólicos e hidroetanólicos foram obtidos segundo a Farmacopéia Brasileira (1959).

Para avaliação da eficiência do extrato de sementes de moringa, foram coletadas 8 amostras, de 100 mL cada, das fontes (filtros e torneiras) em frascos de 250 mL, de cor âmbar, com tampa rosqueável, previamente autoclavados a 121 °C/ 30 minutos), em duas Instituições de Educação Infantil (uma creche em que a faixa etária dos estudantes é de 3 a 5 anos de idade e uma escola do ensino fundamental I, em que a faixa etária é de 6 a 10 anos), localizadas na zona rural do município de Lagoa Seca-PB.

Foram adicionados aos frascos de coleta, antes da esterilização, 0,1 mL de uma solução de 1,8 % de tiosulfato de sódio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$). Este procedimento foi necessário nas amostras das água clorada, para neutralizar o cloro residual e impedir o seu efeito bactericida sobre a microbiota presente (Silva et al., 2006).

As amostras foram levadas imediatamente ao Laboratório de Microbiologia do Centro de Ciências

Agrárias e Ambientais, da Universidade Estadual da Paraíba Campus II, e analisadas pela Técnica dos Tubos Múltiplos, utilizando os meios de fermentação da lactose, para detecção de Coliformes Totais, Coliformes Termotolerantes e *Escherichia coli*.

A técnica dos tubos múltiplos é um método de análise quantitativo que permite determinar o Número Mais Provável (NMP) dos microrganismos alvo na amostra. A combinação de tubos com crescimento positivo ou negativo, após a incubação, permite estimar, por probabilidade, a densidade original dos microrganismos na amostra (Silva et al., 2006).

As amostras foram homogeneizadas por agitação, invertendo os frascos 25 vezes em ângulo de 45°, em seguida foram diluídas em água destilada estéril em diluições de 10^{-1} , 10^{-2} e 10^{-3} . Estas diluições são recomendadas para amostras com contagem estimada de coliformes na faixa de 3 a 1000 mL⁻¹.

Após a diluição, as amostras foram inoculadas em tubos contendo 10 mL de Caldo Lactosado, em concentração dupla, e tubos de Durham. Foram utilizados cinco tubos para cada diluição. Os tubos foram incubados a 35±0,5 °C/24±2 h, onde foi observada a produção de gás. Em caso negativo, os tubos foram reincubados até completar 48±2 h, para repetir a leitura.

A não produção de gás após 48 h de incubação indica ausência de Coliformes (totais, termotolerantes ou *E. coli*) nos 100 mL da amostra. Para a confirmação de Coliformes Totais, foi transferida uma alçada da cultura para tubos contendo 10 mL de Caldo Verde Brilhante Bile e tubos de Durham. Os tubos foram incubados a 35±0,5 °C durante 24±2 h, onde foi observada a produção de gás. Em caso negativo, os tubos foram reincubados até completar 48±2 h, para repetir a leitura.

O número de tubos positivos foi anotado para determinar o Número Mais Provável (NMP) de coliformes totais por 100 mL. A não produção de gás após 48 h de incubação indica ausência de coliformes totais nos 100 mL da amostra.

Para a confirmação de Coliformes Termotolerantes, a partir de cada tubo positivo de Caldo Lactosado, foi transferida uma alçada da cultura para tubos contendo 10 mL de Caldo *E. coli* (EC) e tubos de Durham. Os tubos foram incubados a 44,5±0,2°C pelo período de 24±2 h, onde foi observada a produção de gás. Em caso negativo, os tubos foram reincubados até completar 48±2 h, para repetir a leitura.

O número de tubos positivos foi anotado para determinar o Número Mais Provável (NMP) de coliformes termotolerantes por 100 mL. A não produção de gás após 48 h de incubação indica ausência de coliformes termotolerantes nos 100 mL da amostra.

Confirmação de *E. coli* em placa: a partir de cada tubo positivo de Caldo EC, foi estriada uma alçada da cultura em placas de Agar Eosina Azul de Metileno (EMB). As placas foram incubadas a 35±0,5 °C durante 24±2 h, onde foi observado o desenvolvimento de colônias típicas de *E. coli* (nucleadas com centro preto, com ou sem brilho metálico).

Foram testadas *E. coli* isoladas das amostras de água coletadas, *E. coli* e *Enterococcus faecalis* obtidos do Laboratório de Microbiologia do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde da UEPB.

Para os ensaios foram utilizados os meios Caldo Nutriente e Agar Mueller-Hinton, preparados conforme as instruções do fabricante, seguindo a distribuição de 20 mL dos mesmos em placas de Petri de 90x15 mm de diâmetro.

Durante a realização do ensaio, as cepas bacterianas foram mantidas em meio Agar Mueller-Hinton, repicadas para caldo Nutriente e incubadas a 37 °C por 24 h. Após este período, foi realizado o semeio pela técnica de estrias (para obtenção de colônias isoladas) em placas de Agar Mueller-Hinton, que também foram incubadas a 37 °C pelo período de 24 h.

Para a obtenção do inóculo foram selecionadas de três a cinco colônias semelhantes as quais foram transferidas para 5,0 mL de água destilada autoclavada de modo a produzir uma leve turvação, de densidade visualmente equivalente ao tubo 0,5 da escala de McFarland, obtendo-se um inóculo de concentração aproximada de 106 UFC mL⁻¹.

Essa suspensão foi semeada no tempo máximo de 15 a 20 minutos após sua preparação, conforme metodologia proposta por Cleeland & Squires (1991) e NCCLS (2002).

Para a realização dos ensaios de atividade antimicrobiana - screening foi usado o método de difusão em meio sólido, processo cavidade-placa conforme os protocolos de Cleeland & Squires (1991) e NCCLS (2002).

Para realização do teste de difusão, foram utilizadas placas de Petri (90x15 mm) autoclavadas, contendo 20 mL do meio de cultura Agar Mueller-Hinton. As placas foram inoculadas pela técnica de espalhamento

em superfície (NCCLS, 2002), com auxílio de "swabs" estéreis mergulhados na suspensão contendo o inóculo, eliminando-se o excesso de líquido por pressão nas paredes do tubo. O inóculo foi semeado em toda a superfície do meio, de modo a se obter um crescimento uniforme e semi-confluyente.

As placas foram colocadas para secar, durante 3 a 5 minutos, antes de se fazer as cavidades de 6 mm cada, com o auxílio de perfuradores descartáveis estéreis. Em cada cavidade foi adicionado 50 μ L dos extratos em suas concentrações iniciais, para verificar a presença ou não de atividade antimicrobiana de acordo com a metodologia proposta por Arruda (2007).

Todo o sistema do ensaio foi incubado a 37 °C por 24 h. Decorrido o tempo de incubação, foi feita a leitura e interpretação dos resultados. Cada ensaio foi realizado em triplicata, para cada cepa selecionada.

Resultados e Discussão

Das amostras da Creche, as amostras de 1 a 4 foram dos filtros de barro das salas de aula e a amostra 5 foi da torneira da cozinha. Das amostras da Escola, as amostras de 6 e 7 foram dos filtros de barro das salas de aula e a amostra 8 foi da cisterna, porque estava faltando água na torneira. De acordo com o teste de Presença/Ausência de Coliformes (Totais, Termotolerantes) e *E. coli*, apenas a amostra 2 teve resultado negativo, como pode ser visto na Tabela 1.

De acordo com a metodologia utilizada, a amostra que foi detectada a ausência de coliformes foi descartada e as outras 7 amostras foram transferidas para os Meios Verde Brilhante e EC, respectivamente, para nova incubação.

De acordo com a metodologia utilizada, a amostra que foi detectada a ausência de coliformes foi descartada e as outras 7 amostras foram transferidas para os Meios Verde Brilhante e EC, respectivamente, para nova incubação.

Como pode ser observado na Tabela 2, as 7 amostras

Tabela 1. Teste de presença/ausência de Coliforme (totais, termotolerantes e *E. coli*)

Instituição de ensino	Amostras							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Creche	+	-	+	+	+	0	0	0
Escola	0	0	0	0	0	+	+	+

Tabela 2. Número Mais Provável (NMP) de coliformes totais em amostras de água da creche e na escola de ensino infantil, respectivamente

Amostras	Combinação de tubos positivos	NMP/100 mL	Intervalo de confiança (%)	
Creche				
1	5-5-0	240	100	940
3	5-5-0	240	100	940
4	5-0-0	23	9,0	86
5	5-5-0	240	100	940
Amostras coletadas na escola de ensino infantil				
6	5-5-0	240	100	940
7	5-5-0	240	100	940
8	5-5-5	>1600	-	-

apresentaram resultado positivo para Coliformes Totais. Destaca-se a amostra 8, apresentando uma alta contaminação.

O grupo de Coliformes totais inclui as bactérias Gram negativas, não esporogênicas, anaeróbias facultativas, capazes de fermentar a lactose com produção de gás, em 24 a 48 h, a 35 °C. Sua enumeração na água e/ou alimentos é menos representativa como indicação de contaminação fecal, porque este grupo inclui também diversos gêneros e espécies de bactérias não entéricas (Silva et al., 2006). Por isso, torna-se necessário analisar a presença de Coliformes Termotolerantes.

O grupo de Coliformes termotolerantes restringe-se às espécies capazes de fermentar a lactose com produção de gás, em 24 h, a 44,5-45,5 °C, característica dos Coliformes originários do trato gastrointestinal. Por isso, a sua presença em água e/ou alimentos é representativa de contaminação fecal (Silva et al., 2006).

Em torno de 95 % dos coliformes existentes nas fezes humanas e de outros animais são *E. coli* e, dentre as bactérias de habitat fecal, a *E. coli* é a mais conhecida e mais facilmente diferenciada (Silva et al, 2005).

Segundo a Legislação Brasileira, através da Portaria 518/04 do Ministério da Saúde, a água destinada ao consumo humano deve estar ausente de *E. coli* ou coliformes termotolerantes (Brasil, 2004).

Das 8 amostras analisadas, 5 estão impróprias para consumo humano e o mais preocupante é que, destas, 4 foram amostras coletadas dos filtros localizados nas salas de aula, como pode ser observado na Tabela 3.

Em todas as 5 amostras houve o desenvolvimento de colônias típicas de *E. coli* (nucleadas com centro preto, com ou sem brilho metálico), como pode ser observado na Figura 1.

Tabela 3. Número Mais Provável (NMP) de coliformes termotolerantes em amostras de água da creche e na escola de ensino infantil, respectivamente

Amostras	Combinação de tubos positivos	NMP/100 mL	Intervalo de confiança (%)	
Creche				
1	5-5-0	240	100	940
3	5-5-0	240	100	940
4	0-0-0	<2	-	-
5	0-0-0	<2	-	-
Amostras coletadas na escola de ensino infantil				
6	5-5-0	240	100	940
7	5-5-0	240	100	940
8	5-5-5	>1600	-	-



Figura 1. Colônias nucleadas com centro preto sem brilho metálico em Meio EMB (características de *E.coli*) isoladas de uma amostra de água de filtro de uma Instituição de educação infantil da zona rural de Lagoa Seca - PB.

Ao utilizarem concentrações de sementes de moringa para o controle de microrganismos, Lo Monaco et al. (2010) não detectaram efeito positivo do extrato sobre microrganismos. O que pode indicar que, mesmo as sementes de moringa apresentando-se como alternativa no processo de decantação de substâncias, o efeito antimicrobiano provavelmente não seja eficiente.

Após serem submetidas aos tratamentos com extrato de moringa, observa-se na Figura 2 que os extratos não foram eficiente no combate destes microrganismos.

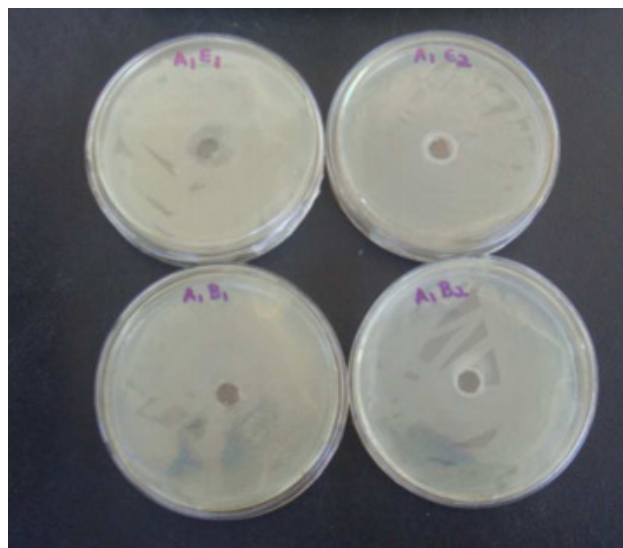


Figura 2. Amostra de *E. coli* resistente aos extratos de *Moringa oleifera*.

As doenças de veiculação hídrica, causadas principalmente por microrganismos patogênicos de origem entérica, animal ou humana e transmitidas basicamente pela rota fecal-oral apresentam um risco de ocorrência alto no meio rural, em função da possibilidade de contaminação bacteriana de águas que muitas vezes são captadas em poços velhos, inadequadamente vedados e próximos de fontes de contaminação, como fossas e áreas de pastagem ocupadas por animais (Amaral et al., 2003).

Deve-se lembrar ainda que mesmo que a água seja encanada e esteja em condições de consumo, a manipulação inadequada dos vasilhames e a falta de higiene pessoal podem significar fator de risco para a transmissão de doenças (Sá et al., 2005).

A *M. oleifera* Lam é que tem sido muito usada para clarear a água com o intuito de substituir os sais de alumínio (Gallão et al., 2006); o que pode estar relacionado à presença de proteínas com baixo peso molecular e alta área superficial específica quando trituradas, fazendo com que suas cargas positivas atraíam as partículas negativas das argilas e siltes, formando partículas densas que se sedimentam, promovendo a remoção da turbidez da água (Amagloh & Benang, 2009). Entretanto, apesar da clarificação, através da decantação das partículas, a água tratada com a moringa não pode ser considerada potável, devido à permanência dos microrganismos, conforme

comprovado neste trabalho e por outras pesquisas (Lo Monaco et al., 2010).

Sabendo que as populações rurais são, muitas vezes, expostas ao consumo de água não potável, destacamos a importância da realização de estudos como este, visando encontrar alternativas para a redução ou até mesmo a solução deste problema. Vale lembrar também da importância de ações de sensibilização das comunidades rurais visando à valorização das questões ambientais no uso dos recursos naturais, enfatizando práticas adequadas de manejo da água.

Conclusão

Não houve ação antibacteriana dos extratos *Moringa oleifera* Lam nas amostras testadas de *Escherichia coli* e *Enterococcus faecalis*.

Agradecimentos

À UEPB, ao CNPq, Capes pela concessão de bolsas e apoio financeiro.

Literatura Citada

- AMAGLOH, F. K.; BENANG, A. 2009. Effectiveness of *Moringa oleifera* seed as coagulant for water purification. *African Journal of Agricultura Research* 4(1):119-123.
- AMARAL, L. A. et al. 2006. Tratamento alternativo da água utilizando extrato de semente de *Moringa oleifera* e radiação solar. *Arquivos do Instituto Biológico (Brasil)* 73 (3):287-293.
- ARRUDA, T. A. 2007. Análise da atividade biológica do óleo essencial de *Mentha x villosa* Hudson, rotundifolona e análogos sobre microorganismos e plasmídios de resistência. Tese Doutorado. João Pessoa, PB, Universidade Federal da Paraíba, Laboratório de Tecnologia Farmacêutica. 138p.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria nº 518, de 25 de março de 2004. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativas ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade e dá outras providências. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo*, Brasília, DF, 26 mar. 2004. Seção 1.
- CLEELAND, R.; SQUIRES, E. 1991. Evaluation of new antimicrobials *in vitro* and in experimental animal infections. In: Lorian, V. *Antibiotics in laboratory medicine*. 3 ed. Baltimore, Willians & Wilkins. pp.739-788.
- FARMACOPÉIA DOS ESTADOS UNIDOS DO BRASIL. 1959. 2 ed. São Paulo, SP, Indústria Gráfica Siqueira. 1265p.
- GALLÃO, M. I.; DAMASCENO, L. F.; BRITO, E. S. 2006. Avaliação química e estrutural da semente de moringa - Chemical and structural evaluation of moringa seeds. *Revista Ciência Agronômica (Brasil)* 37 (1):106-109.
- LO MONACO, P. A. V. 2010. Utilização de extrato de sementes de moringa como agente coagulante no tratamento de água para abastecimento e águas residuárias. *Ambi-Agua (Brasil)* 5(3):222-231.
- NÁPOLES, F. A. M. 2010. Levantamento dos recursos hídricos em uma instituição de ensino na zona rural do agreste paraibano. In: Congresso Cearense de Agroecologia, 2. Anais. Cariri, CE, UFC.
- NATIONAL COMMITTEE FOR CLINICAL LABORATORY STANDART (NCCLS). 2002. Methods for dilution antimicrobial susceptibility tests for bacteria that grow aerobically. 2 ed. Villa Nova, PA. (Tentative Standart. NCCLS Document M7-T2, V. B. n. B.)
- NÓBREGA, F. V. A.; SUASSUNA, N. D. 2004. Análise sanitária de sementes de amendoim (*Arachis hypogaea* L.) armazenadas em algumas áreas do estado da Paraíba. *Revista de Biologia e Ciências da Terra (Brasil)* 4(2):1-13.
- POZZOBON, L.; KEMPKA, A. P. 2015. Sementes de *Moringa oleifera* na clarificação de efluente de indústria de ingredientes para alimentação animal: comparação com o coagulante convencional e estudo das condições operacionais. *Engvista (Brasil)* 17(2):196-206.
- SÁ, L. L. C. et al. 2005. Qualidade microbiológica da água para consumo humano em duas áreas contempladas com intervenções de saneamento - Belém do Pará, Brasil. *Epidemiologia e Serviços de Saúde (Brasil)* 14(3):171-180.
- SILVA, C. A. et al. 2006. Uso da *Moringa oleifera* para remoção de flúor em águas. *Revista Analytica (Brasil)* 21:71-75.
- VIEIRA, L. R.; VIEIRA, L. R.; VESTENA, S. 2015. A questão do saneamento no espaço rural: uma abordagem ambiental em três localidades rurais no município de Nova Palma, RS. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental (Brasil)* 19(1):38-50.



ASSOCIAÇÃO DE EXTRATO DE ALHO E ÓLEO DE PINHÃO MANSO NO CONTROLE DE *Myzus persicae* (HEMIPTERA: APHIDIDAE)

Anderson Mathias Holtz¹, Mayara Loss Franzin², José Romário de Carvalho³, Jéssica Mayara Coffler Botti², Johnatan Jair de Paula Marchiori¹, Dirceu Pratissoli³

¹Instituto Federal de Ensino, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (IFES) - Campus Itapina, Rodovia BR 259, Km 70, Distrito de Itapina, 29709-910, Colatina, Espírito Santo, Brasil. anderson.holtz@ifes.edu.br

²Universidade Federal de São João Del Rei (UFSJ) - Campus Sete Lagoas, Rodovia MG 424, km 27- Bairro Itapoã. Caixa Postal 56, 35701-970, Sete Lagoas, Minas Gerais, Brasil.

³Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias (CCA-UFES), caixa postal 16, 29500-000, Alegre, Espírito Santo, Brasil. jromario_carvalho@hotmail.com

O presente estudo avaliou o potencial da associação entre óleo de pinhão manso e o extrato aquoso de alho na mortalidade de *Myzus persicae* (Sulzer, 1776) (Hemiptera: Aphididae). Foram testados dois modos de exposição: direta sobre os indivíduos (i) e indireta com aplicação sobre o alimento (ii); e nove proporções (extrato aquoso de alho/óleo de pinhão manso) na concentração de 3% de suspensão. Como alimento utilizaram discos de folhas de couve. A aplicação direta foi realizada com auxílio da torre de Potter, e indireta, por meio de imersão nos diferentes tratamentos. A mortalidade de *M. persicae* entre os modos de exposição direto e indireto foi semelhante nas proporções de 2,5/97,5% e 5,0/95,0% (extrato aquoso de alho e óleo de pinhão manso). Contudo, nas demais proporções o modo de exposição indireto causou maior mortalidade da praga, chegando a 95,1% de mortalidade na proporção 17,5/82,5%. Conclui-se, desta forma, que a associação entre extrato aquoso de alho com óleo de pinhão manso apresenta potencial para ser utilizado no manejo de *M. persicae*.

Palavras-chave: Manejo alternativo, *Allium sativus*, *Jatropha curcas*, pulgão, *Myzus persicae*.

Association garlic extract and jatropha oil in control of *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae). This study evaluated the potential association between Jatropha oil and aqueous extract of garlic in mortality of *Myzus persicae* (Sulzer, 1776) (Hemiptera: Aphididae). Two exposure modes were tested: direct on individuals (i) and with indirect application to food (ii); nine proportions (aqueous extract of garlic/jatropha oil) at a concentration of 3% suspension. It was used as food cabbage leaf discs. Direct application was performed using a Potter's tower, or indirect, through immersion in different treatments. The mortality of *M. persicae* between direct exposure modes and indirect was similar in proportions of 2.5/97.5 and 5.0%/95.0% (aqueous extract of garlic and jatropha oil). However, in other proportions indirect exposure mode caused higher mortality of the plague, reaching 95.1% mortality in the ratio 17.5/82.5%. It follows, therefore, that the association between aqueous extract of garlic with jatropha oil has the potential to be used in the management of *M. persicae*.

Key words: Alternative management, *Allium sativus*, *Jatropha curcas*, aphid, *Myzus persicae*.

Introdução

O cultivo de brássicas, como a couve, brócolis e repolho, tem grande importância na olericultura orgânica brasileira, devido a alguns fatores como o grande volume de produção, o retorno econômico e o valor nutricional das culturas (Peruch et al., 2006; Machado et al., 2015). Um dos grandes problemas relacionados ao cultivo dessas plantas são os insetos-praga. Dentre eles, um dos mais importantes é o pulgão *Myzus persicae* (Sulzer, 1776) (Hemiptera: Aphididae), pois causa prejuízos devido à sua alimentação (Filgueira, 2003; Van Emden, 2013; Valbon et al., 2015).

O método químico é o mais utilizado para a supressão populacional desta praga, por meio de inseticidas de amplo espectro (Valbon et al., 2015). Contudo, a aplicação indiscriminada destes inseticidas acarreta grandes problemas para o meio ambiente e a saúde humana (Isman, 2006; Pratisoli et al., 2010). Nos últimos 30 anos, pesquisas com extratos derivados de plantas e fitoquímicos têm sido intensificadas, visando desenvolver novas alternativas aos inseticidas convencionais e reduzir os impactos ambientais e os riscos à saúde (Isman, 2006). Essas substâncias fazem parte do metabolismo secundário das plantas e, na sua maioria, atuam como mecanismos de defesa contra herbívoros (Taiz e Zeiger, 2013).

O pinhão manso *Jatropha curcas* (Euphorbiaceae), é relatado como uma planta pouco atacada por insetos devido à exsudação de látex cáustico (Arruda, 2004). Registra-se que este possui potencial inseticida (Almeida, 2009). Outro exemplo é o alho [*Allium sativum* (Alliaceae)], em que apresenta propriedades repelentes a determinados insetos. Seu extrato é absorvido pelas plantas e seu odor exalado pela mesma. O odor do alho modifica o odor natural que produz cada planta, confundindo os insetos. É uma prática popular para controle da lagarta da maçã e pulgões (Menezes, 2005).

Desta forma, tanto o pinhão manso, quanto o alho vem sendo estudados isoladamente, sendo de importância o estudo da associação entre as duas espécies de planta visando o manejo de pragas de interesse agrônomo. Assim, o presente trabalho objetivou estudar o potencial da associação entre óleo de pinhão manso e extrato aquoso de alho para a mortalidade de *M. persicae*.

Material e Métodos

O experimento foi realizado no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo - Campus Itapina (IFES - Campus Itapina). Foram realizados testes de aplicação direta e indireta de diferentes proporções de óleo de pinhão manso e extrato aquoso de alho visando o controle de *M. persicae*. Os experimentos foram conduzidos em câmara climatizada regulada à temperatura de $25 \pm 1^\circ\text{C}$, umidade relativa $70\% \pm 10$ e fotofase de 12h.

Criação do pulgão *Myzus persicae*. Indivíduos de *M. persicae* foram coletados em plantios comerciais da região. A criação de *M. persicae* foi realizada em casa de vegetação. Utilizaram como hospedeiro plantas de couve (*Brassica oleracea* var. *acephala*) cultivadas em vasos de 2 L, recebendo como adubação esterco bovino curtido. Essas plantas não receberam tratamentos fitossanitários. Quando necessário as plantas velhas eram substituídas por plantas novas.

Obtenção do óleo e extrato. Sementes de pinhão manso foram coletadas nas áreas produtivas do IFES - Campus Itapina e posteriormente submetidas à extração do óleo mediante prensagem a frio. O alho (nacional) foi adquirido comercialmente na região de Colatina, ES. Os bulbilhos de alho foram descascados, cortados e secos em estufa de circulação de ar a 40°C até o material apresentar massa constante, sendo posteriormente moído em moinho de facas, obtendo-se um pó fino.

Os tratamentos foram constituídos das seguintes proporções: 0/100; 2,5/97,5; 5/95; 7,5/92,5; 10/90; 12,5/87,5; 15/85; 17,5/82,5; 20/80% (alho/pinhão). Tais proporções corresponderam as seguintes concentrações: 0,0/3,0; 0,075/2,925; 0,15/2,85; 0,225/2,775; 0,3/2,7; 0,375/2,625; 0,45/2,55; 0,525/2,475; 0,6/2,4% (m/v) de alho e óleo de pinhão manso, respectivamente. Em seguida, a suspensão permaneceu sob agitação (agitador magnético) por quatro horas à temperatura ambiente. Após este período o material permaneceu em repouso por aproximadamente 20 minutos para a decantação, sendo em seguida separado o sobrenadante da parte sólida com auxílio de filtração simples utilizando um funil com algodão estéril. Como solvente dos tratamentos e tratamento controle foi utilizada água destilada acrescida de espalhante adesivo Tween® 80 (0,05% v/v).

Bioensaios. Para a realização do ensaio, utilizou-se como alimento para o pulgão, discos foliares de couve (8 cm de diâmetro), que ficaram de molho em solução de hipoclorito de sódio (1% v/v) por 5 segundos, lavadas com água destilada, secos em papel de filtro.

Para a realização dos bioensaios utilizou-se a concentração de 3% de cada tratamento (proporções alho/pinhão). Foram realizados dois bioensaios:

a) Exposição Direta. Foram realizadas aplicações sobre 10 indivíduos de *M. persicae* sobre discos de papel filtro em placas de Petri (10,0 x 1,2cm). Em seguida foram fornecidos discos de couve (alimento). O papel filtro foi umedecido (diariamente) com água esterilizada para manutenção da turgidez. Para efetuar as aplicações foi utilizada torre de Potter, calibrada para 15 lb/pol², correspondentes à deposição de 1,78 mg/cm², sendo utilizado um volume de 6 mL para cada repetição dos tratamentos.

b) Exposição Indireta. Neste ensaio os discos de couve foram imersos durante 5 segundos nos diferentes tratamentos e, posteriormente, foram colocados sobre papel toalha para absorção do excesso de umidade. Após esse procedimento, os discos foram acondicionados nas placas de Petri sobre o papel filtro, conforme descrição anterior, e então foram inoculados 10 indivíduos de *M. persicae* por parcela.

Análise dos dados.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado em arranjo fatorial 9 x 2 (9 tratamentos x 2 modos de exposição) com 10 repetições, sendo que cada placa de Petri constituiu uma parcela com dez insetos. Foi avaliada a mortalidade dos indivíduos até 72 horas após a pulverização. A variável percentual de mortalidade foi corrigida com base na testemunha, de acordo com Abbott (1925) (Eq. 1).

$$\text{Mortalidade corrigida} = \frac{(\text{Mortalid. tratamento} - \text{Mortalid. controle})}{(100 - \text{Mortalidade. controle})} \cdot 100 \quad (\text{Eq. 1})$$

Os dados de mortalidade corrigida dos diferentes tratamentos provenientes da associação do óleo de pinhão manso e extrato aquoso de alho foram transformados em arcsen $(x/100)^{0.5}$ e submetidos à análise de variância, sendo as médias agrupadas entre si pelo teste de Scott-Knott, dentro de cada modo de exposição, e pelo teste F entre modos de exposição, ambos ao nível de 5% de significância.

Resultados e Discussão

Houve interação entre a associação dos extratos aquosos de alho e óleo de pinhão-manso em diferentes proporções e os modos de exposição ($F_{8,162} = 3,26$; $P = 0,0018$). No modo de exposição direta, maior mortalidade foi observada na proporção de 2,5/97,5% de alho-pinhão-manso (87,4%), seguido pelas proporções de 5/95 e 17,5/82,5% de alho-pinhão-manso (72,1 e 66,2%, respectivamente), sendo que as demais proporções foram menos eficientes. Já na exposição indireta a mortalidade não diferiu entre as concentrações avaliadas (Tabela 1).

Os altos índices de mortalidade encontrados (95,1% na proporção de 17,5/82,5% (alho/pinhão) na exposição indireta e 87,4% na proporção 2,5/97,5% (alho/pinhão) na exposição direta sobre *M. persicae*) foi devido ao efeito inseticida do alho e do pinhão manso. O extrato de alho apresentou mortalidade de 62,5% sobre o pulgão *Aphis gossypii* (Szymczak et al., 2009). Já o efeito inseticida do óleo de pinhão manso sobre o ácaro rajado *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) (De Paulo et al., 2012), deve-se à toxicidade de *J. curcas* que é atribuída principalmente à presença de

Tabela 1. Mortalidade (%) de ninfas de *Myzus persicae* (Sulzer, 1776) (Hemiptera: Aphididae) causada pela associação de extrato aquoso de alho (*Allium sativum*) com óleo de pinhão manso (*Jatropha curcas*), na concentração de 3% (m/v), em diferentes proporções e sob diferentes formas de exposição (Temperatura $26 \pm 1^\circ\text{C}$, UR $70 \pm 10\%$ e 12h de fotofase)

Alho-pinhão/ manso (%) ¹	Modos de exposição ^{2,3}	
	Direta	Indireta
0/100	52,5 ± 7,09 Cb	92,5 ± 3,82 Aa
2,5/97,5	87,4 ± 5,88 Aa	94,6 ± 1,92 Aa
5/95	72,1 ± 5,84 Ba	85,6 ± 3,56 Aa
7,5/92,5	62,6 ± 3,37 Cb	90,0 ± 4,08 Aa
10/90	49,3 ± 7,55 Cb	90,0 ± 4,08 Aa
12,5/87,5	55,9 ± 3,28 Cb	95,0 ± 2,76 Aa
15/85	38,9 ± 7,56 Cb	88,6 ± 4,45 Aa
17,5/82,5	66,2 ± 8,82 Bb	95,1 ± 2,73 Aa
20/80	52,6 ± 5,71 Cb	79,6 ± 6,30 Aa

¹Médias (±EP) seguidas pela mesma letra maiúscula, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade;

²Médias (±EP) seguidas pela mesma letra minúscula, na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste F, a 5% de probabilidade;

³Dados transformados para arcsen $(x/100)^{0.5}$.

dois componentes nas sementes: a curcina, uma proteína inativadora de ribossomos, e à ésteres diterpenos. A curcina é similar à ricina, uma proteína tóxica isolada de sementes de mamona (*Ricinus communis*), que apresenta duas cadeias polipeptídicas, uma com função de lectina e outra capaz de inibir a síntese proteica (Stirpe et al., 1976).

Foi observada mesma mortalidade de *M. persicae* entre os modos de exposição direto e indireto nas proporções de 2,5/97,5 e 5/95% (alho/pinhão). Contudo, nas demais proporções o modo de exposição indireto causou maior mortalidade da praga (Tabela 1). O efeito inseticida do extrato de alho deve-se pela presença da substância alicina, a qual dá o aroma típico do alho, e que atua como um meio de defesa da planta contra herbívoros repelindo-os (Talamini e Stadnik, 2004). Assim, a mortalidade na exposição indireta superior à direta pode ser devido à ação repelente do alho sobre os indivíduos, fazendo com que estes deixassem de se alimentar, durante as 72 horas em que os indivíduos ficaram expostos ao extrato, o que é suficiente para causar a mortalidade de insetos de ciclo de vida curto, como o pulgão *M. persicae*.

A associação entre alho e pinhão manso causou altos índices de mortalidade sobre *M. persicae*, podendo ser eficiente no controle alternativo desta praga. Contudo, estudos em condições de campo nos diferentes sistemas de cultivo onde esta espécie está associada, devem ser realizados para confirmação destas propriedades.

Conclusão

Dentre os benefícios dos dados gerados por este trabalho, para a população, está a contribuição quanto a produção de alimento isentos de agrotóxicos, sem ocasionar riscos ao consumidor e a todos os trabalhadores envolvidos no processo de produção.

Literatura Citada

- ABBOTT, W. S. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology* 18:265-267.
- ALMEIDA, H. J. S. 2009. Avaliação e caracterização de genótipos superiores por marcador molecular, para obtenção de cultivar de pinhão manso (*Jatropha curcas*, L.). In: Congresso Brasileiro de plantas oleaginosas, óleos, gorduras e biodiesel. Montes Claros. Biodiesel: Inovação Tecnológica. Anais. Lavras, MG, UFLA, 1 CD-Rom.
- ARRUDA, F. P. 2004. Cultivo de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) como alternativa para o semi-árido nordestino. *Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibras* (Brasil) 8(1):789-799.
- DE PAULO, H. H. et al. 2012. Manejo alternativo do ácaro rajado com extratos de pinhão manso. In: Jornada de iniciação científica, desenvolvimento tecnológico e inovação do IFES, 7. Vitória. Anais. Disponível em: <http://pse.ifes.edu.br/prppg/pesquisa/jornadas/jornada_2011_2012/anais/1092012145649.doc>
- FILGUEIRA, F. A. R. 2003. Novo manual de Olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa, MG, UFV. 412p.
- ISMAN, M. B. 2006. Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. *Annual Review of Entomology* 51: 45-66.
- MACHADO, L. C. et al. 2015. Brássicas. In: Holtz, A. M. et al. eds. *Pragas das brássicas*. Colatina, ES, IFES. pp. 10-29.
- MENEZES, E. L. L. A. 2005. Inseticidas botânicos: seus princípios ativos, modo de ação e uso agrícola. Seropédica, RJ, Embrapa Agrobiologia. Série Documentos, n. 205. 58p.
- PERUCH, L. A. M.; MICHEREFF, S. J.; ARAUJO, I. B. 2006. Levantamento da intensidade da alternariose e da podridão negra em cultivos orgânicos de brássicas em Pernambuco e Santa Catarina. *Horticultura Brasileira* 24(4):464-469.
- PRATISSOLI, D. et al. 2010. Ocorrência de *Lixophaga* sp. (Diptera: Tachinidae) parasitando lagartas de *Diaphania nitidalis* (L.) (Lepidoptera: Crambidae) em *Cucurbita moschata* no Brasil. *Arquivos do Instituto Biológico* 77:719-721.
- STIRPE, F. et al. 1976. Studies on the proteins from the seeds of *Croton tiglium* and of *Jatropha curcas*. Toxic properties and inhibition of protein synthesis in vitro. *Biochemical Journal* 156:1-6.
- SZYMCZAK, L. S.; SCHUSTER, M. Z.; ROHDE, C. 2009. Efeito de Inseticidas Orgânicos sobre o Pulgão *Aphis gossypii* (Hemiptera: Aphididae) na Cultura do Pepino (*Cucumis sativus*) em Condições de Laboratório. *Revista Brasileira de Agroecologia* 4(2):3204-3207.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. 2013. Fisiologia vegetal. 5. ed. Porto Alegre, RS, Artmed. 954p.
- TALAMINI, V.; STADNIK, M. J. 2004. Extratos vegetais e de algas no controle de doenças de plantas. In: ____ Manejo Ecológico de Doenças de Plantas. Florianópolis, SC, UFSC/CCA. pp. 45-62.
- VALBON, W. R. et al. 2015. Pulgões (*Brevicoryne brassicae* e *Myzus persicae*). In: Holtz, A. M. et al. eds. *Pragas das brássicas*. Colatina, ES, IFES. pp.74-99.
- VAN EMDEN, H. F. 2013. Handbook of agricultural entomology. Wiley-Blackwell. 334p. ●

CONTRIBUIÇÃO RELATIVA DOS DESCRITORES MORFOAGRONÔMICOS NA CARACTERIZAÇÃO DE GENÓTIPOS DE TABACO

Tuany Priscila Pereira Costa¹, Ricardo Franco Cunha Moreira², Carlos Alberto da Silva Ledo³, Clailto Carvalho dos Santos², Maurício dos Santos da Silva²

¹Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE. Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, 52171-900 - Recife, Pernambuco. tuanypriscila@hotmail.com. ²Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB. Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, Centro, 44380-000- Cruz das Almas, Bahia. ricardofcm@ufrb.edu.br; clailto.santos@ermor.com.br; mau.gm@hotmail.com. ³Embrapa Mandioca e Fruticultura. Caixa Postal 007, 44380-000, Cruz das Almas, Bahia. carlos.ledo@embrapa.br.

O presente trabalho teve como objetivo caracterizar genótipos de tabaco (*Nicotiana tabacum* L.) sob condições edafoclimáticas de Cruz das Almas, Bahia, por meio de marcadores fenotípicos e estimar a contribuição dos descritores na distinção entre os mesmos. O experimento foi conduzido no campo de produção da Ermor Tabarama Tabacos do Brasil Ltda. Foram avaliados 13 genótipos de tabaco pertencentes ao programa de melhoramento genético da referida empresa. Foram utilizados 19 descritores morfoagronômicos definidos conforme SINDIFUMO, com base na descrição recomendada pela UPOV. A caracterização fenotípica permitiu definir os descritores que contribuíram significativamente para a distinção entre os genótipos. Sendo que a largura da base da 10ª folha, largura da 10ª folha e a altura da planta foram os mais expressivos. Foram estimados também os coeficientes de correlação de Pearson entre todas as variáveis. Observou-se correlação positiva e altamente significativa entre os descritores altura e número de folhas e correlação negativa entre comprimento de internódios e número de folhas. Os descritores relacionados às folhas são os mais importantes economicamente para cultura. A seleção de genótipos com base nesses descritores pode propiciar uma redução da variabilidade genética.

Palavras-chave: *Nicotiana tabacum* L., seleção, melhoramento genético

Relative contribution of morphoagronomic descriptors and characterization of tobacco genotypes. This study aimed to characterize genotypes of tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) under edaphoclimatic conditions of Cruz das Almas, Bahia, Brazil, through phenotypic markers and evaluate the contribution of the descriptors for distinction each character. The experiment was conducted at field of production of the company Ermor Tabarama Tabacos do Brasil Ltda. The phenotypical characterization was performed on 13 genotypes of tobacco of the program of genetic improvement of the same company. Were evaluated 19 descriptors quantitative defined by SINDIFUMO, based on the description recommended by UPOV and legislations from American and Italian. The characterization has identified the descriptors that contribute significantly to the distinction among genotypes. The width of the base of the 10th leaf, width of 10th leaf and plant height were the most expressive. Also they were estimated Pearson correlation coefficients among variables. There was positive and highly significant correlation between the height and number of leaves descriptors and, negative correlation between length of internodes and leaf number. Descriptors related with leaves are the most economically important for plant cultivation. The selection of genotypes using only these descriptors can provide reduction on genetic variability.

Key words: *Nicotiana tabacum* L., selection, genetic improvement

Introdução

O tabaco (*Nicotiana tabacum* L.) tem como centro de diversidade provável o Noroeste da Argentina e a região dos Andes na América do Sul, de onde se difundiu para o território brasileiro por meio das migrações indígenas, sobretudo da nação Tupi-Guarani, devido ao fato de o alcaloide nicotina ser empregado pelos índios em rituais religiosos e também com fins medicinais (SINDIFUMO, 2007). O tabaco é a principal cultura não alimentícia cultivada em todos os continentes, movimenta cerca de 20 bilhões de dólares, utiliza mão de obra intensiva e envolve em torno de 33 milhões de empregos na lavoura, sendo que aproximadamente 100 milhões de pessoas são ocupadas direta e indiretamente com a atividade fumageira (ABIFUMO, 2011).

No Brasil o Estado da Bahia manteve-se como maior produtor nacional da cultura do fumo, até o início de 1950, tendo havido alternância de períodos de ascensão e crise. Devido às condições edafoclimáticas os municípios da zona fisiográfica da Região Econômica do Recôncavo Sul, são favorecidas, produzindo o melhor fumo do Brasil, de reconhecimento internacional para charutos (Mesquita e Oliveira, 2003).

A produção é realizada de modo geral, em pequenas propriedades agrícolas familiares que fazem a partição das sementes obtidas de plantios anteriores. Entretanto, tem sido observada considerável perda da variabilidade genética na cultura detectada mediante estudos em níveis morfológicos, isoenzimáticos e moleculares (Narayan, 1987; Khan & Narayan 2007; Zhang et al., 2008; Cruz et al., 2010), devido à preferência dos produtores por determinadas variedades e ao desenvolvimento de cultivares a partir de progenitores aparentados e seleção contínua para caracteres de interesse comercial (Zhang et al., 2008).

A caracterização da variabilidade genética de materiais silvestres e domesticados de tabaco, utilizando-se caracteres de fácil detecção e mensuração e elevado coeficiente de herdabilidade, constitui uma alternativa fundamental para garantir a utilização eficiente dos genótipos em programas de melhoramento genético e conservação da espécie (Lewis et al., 2007).

Diante do exposto, o objetivo geral do presente trabalho foi caracterizar e avaliar a contribuição

relativa de descritores fenotípicos na distinção de genótipos de fumo sob as condições edafoclimáticas do Recôncavo Baiano.

Material e Métodos

O trabalho foi conduzido no campo de produção da Ermor Tabarama Tabacos do Brasil Ltda, no município de Cruz das Almas, Bahia, situado a 220 m de altitude, precipitação pluviométrica anual média de 1.224 mm, temperatura média anual de 23,8°C e umidade relativa do ar de 80%. Foram utilizados 13 genótipos de tabaco da espécie *Nicotiana tabacum* L. (Tabela 1), do programa de melhoramento genético da referida empresa.

Para a caracterização dos genótipos utilizou-se o delineamento em blocos casualizados com quatro repetições, cada parcela foi constituída por cinco linhas, comprimento de cada linha de 4,5, totalizando 12 plantas, espaçadas de 1,0m entre linhas e 0,42m entre plantas. Foram tomadas aleatoriamente dez plantas para caracterização. As demais plantas da parcela serviram para estimar a produtividade dos referidos genótipos, considerando-se plantas aptas para avaliação aquelas em pleno florescimento.

Foram analisados 19 descritores quantitativos, definidos conforme a subcomissão de sementes do SINDIFUMO (2007), com base nas instruções da UPOV (2011). Foram eles: dias do florescimento

Tabela 1. Identificação dos 13 genótipos de fumo (*Nicotiana tabacum* L.) utilizados no estudo de caracterização, Cruz das Almas, BA

Código	Genótipos	Tipo	Origem
1	ER 9477	Sumatra	Cruz das Almas-BA
2	ER 9227	Fumo de corda	Rio Grande do Sul-RS
3	ER 560	Sumatra	Cruz das Almas-BA
4	ER 561	Sumatra	Cruz das Almas-BA
5	ER 562	Sumatra	Cruz das Almas-BA
6	ER 33-021	Sumatra	Cruz das Almas-BA
7	ER 33-022	Sumatra	Cruz das Almas-BA
8	ER 33-023	Sumatra	Cruz das Almas-BA
9	ER 33-027	Sumatra	Cruz das Almas-BA
10	ER 33-046	Sumatra	Cruz das Almas-BA
11	ER 564	Sumatra	Cruz das Almas-BA
12	ER 565	Sumatra	Cruz das Almas-BA
13	ER 35-109	Sumatra	Cruz das Almas-BA

(DFT); altura da planta (ALT); comprimento da inflorescência (AFL); índice cilíndrico (ICD); número de folhas (NFS); diâmetro médio do caule (DCM), diâmetro da base da inflorescência (DCI); comprimento da 3ª folha (CFT), largura da 3ª folha (LFT); comprimento da 10ª folha (CFD), largura da 10ª folha (LFD), largura da base da 10ª folha (LBD); ângulo de inserção 10ª folha (AID); média dos internódios (MIN); comprimento da flor (CFL); diâmetro da flor (DFL); engrossamento tubo da flor (ETF); comprimento da corola (CCR) e produtividade (PRD). Para mensuração da altura da planta e dos internódios utilizaram-se uma régua de mira de 3m e réguas graduadas de 20 e 60 cm. Os descritores diâmetros médio, diâmetros da base da inflorescência e índice cilíndrico; que é a razão entre os dois foram tomadas com auxílio de um paquímetro digital de 10 mm.

Com uso de réguas graduadas de 20 e 60 cm e com transferidor de 360° foram avaliados: comprimento e largura da 3ª folha, comprimento e largura da 10ª folha, largura da base da 10ª folha e ângulo de inserção da 10ª folha. As folhas foram avaliadas também quanto ao número de folhas por planta.

O número de dias até o florescimento foi avaliado a partir do dia do transplantio as primeiras emissões de botões florais. As mensurações do comprimento da inflorescência, comprimento da flor, diâmetro, engrossamento do tubo da flor e o comprimento da corola foram realizadas com auxílio de uma régua e um paquímetro digital de 10 mm.

Para estimar a produtividade as plantas foram colhidas, curadas, fermentadas e mantidas a uma umidade de 28% durante 90 dias. Posteriormente, foi obtido o peso seco das folhas, considerando-se um total de 28.000 planta/hectare dividido pelo quociente de plantas colhidas por repetição. A contribuição relativa dos caracteres para distinção entre os genótipos também foi determinada (Singh, 1981).

Os descritores foram analisados por meio de estatísticas descritivas, empregando-se o teste-*t* e o teste de normalidade de Shapiro-Wilk ao nível de 5% de significância. Os coeficientes de correlação de Pearson foram estimados, considerando todas as variáveis envolvidas. As análises foram realizadas nos Programas SAS (SAS Institute, 2009) e Genes (Cruz, 2009).

Resultados e Discussão

Os resultados obtidos para médias dos genótipos encontram-se na Tabela 2. Foi observado que, para o teste de normalidade, o resultado indicou que as variáveis tendem a distribuição normal, uma vez que as variáveis foram não significativas pelo teste de Shapiro-Wilk ao nível de 5% de significância, exceto para as variáveis: diâmetro médio do caule (DCM); largura da base da 10ª folha (LBD), diâmetro da flor (DFL) e engrossamento do tubo da flor (ETF) que foram altamente significativas. Os genótipos ER 561 e ER 562 apresentaram a menor e a maior produtividade, com valores de 1292,7 kg e 1842,8 kg, respectivamente.

Os dados relacionados à caracterização e estimação da variabilidade dos genótipos de tabaco estudados, a variável altura de planta apresentou amplitude de 153 cm a 208 cm, conferindo ao genótipo ER 35-109 a menor média, o que justifica o destaque ao genótipo, pois o porte alto não constitui uma vantagem, devido à dificuldade de manejo e coleta das folhas. No entanto o referido genótipo apresentou o menor número de folhas (23) dentre os materiais avaliados. Foi detectada alta correlação ($r = 0,77$) (Tabela 3) entre a variável altura da planta e número de folhas. Santos (2002), também encontrou uma estimativa elevada ($r = 0,70$). Esse dado indica o nível de correlação entre essas variáveis, devido à seleção por meio de métodos de melhoramento.

Para os descritores relacionados ao caule, destacam-se os genótipos ER 33-022 e ER-564 responsáveis pelos maiores valores do diâmetro médio do caule (DCM), uma característica relacionada à sustentação e ao vigor da planta, evitando-se rachaduras durante a colheita.

Os genótipos ER 9227 e ER 33-022 apresentaram as maiores médias 13,42 cm e 13,22 cm, respectivamente, do diâmetro da base da inflorescência (DCI). A inflorescência é responsável pela produção de sementes processo que demanda muita energia da planta, diminuindo a capacidade de síntese de nutrientes pelas folhas (Vieira et al., 2010). Dessa maneira, inflorescências pouco proeminentes são desejáveis na seleção dos genótipos, devido à possibilidade de dispensa da mão de obra necessária ao processo de capação, que consiste na incisão da inflorescência logo após o pleno florescimento.

Tabela 2. Médias das variáveis quantitativas utilizadas na avaliação de 13 genótipos de fumo (*Nicotiana tabacum* L.) tipo galpão, conduzidas na Ermo, Cruz das Almas, BA

	DFT	ALT	NFS	AFL	DCM	DCI	ICD	CFT	LFT	CFD	LFD	LBD	AID°	MIN	CFL	DFL	ETF	CCR	PRD
ER9477	55.50	169	27.55	0.49	25.24	10.64	1.87	41.60	25.19	47.15	28.94	7.36	57.79	6.06	4.82	4.10	7.80	2.59	1366.2
ER9227	56.50	176	28.52	0.47	27.21	13.42	1.60	48.60	28.52	52.52	25.95	13.48	49.97	7.46	4.78	5.30	9.02	2.40	1793.2
ER560	54.50	161	28.90	0.42	24.07	11.76	1.60	38.41	21.31	41.47	23.55	6.72	44.47	5.83	5.01	4.96	9.49	2.52	1304.1
ER561	55.25	156	29.30	0.49	24.18	12.18	1.55	38.64	20.23	44.25	22.37	6.81	41.62	5.73	5.07	4.53	9.34	2.67	1292.7
ER562	53.75	169	26.85	0.49	26.71	12.60	1.72	42.80	22.52	48.06	25.11	6.67	41.25	6.20	5.14	4.45	8.86	2.39	1842.8
ER33-021	54.75	190	31.50	0.51	25.72	11.82	1.75	41.60	23.11	42.27	24.13	6.08	41.12	5.79	4.99	4.21	8.59	2.42	1468.2
ER33-022	54.25	186	28.47	0.48	30.07	13.22	1.82	41.37	22.56	45.75	25.39	4.86	48.10	5.55	5.01	4.59	8.52	2.38	1734.1
ER33-023	56.75	208	33.05	0.44	26.11	11.91	1.75	41.63	22.59	45.27	24.99	5.90	45.20	5.85	4.99	4.46	9.04	2.41	1776.1
ER33-027	55.00	167	25.82	0.52	25.72	12.80	1.60	40.59	23.67	43.30	25.17	5.93	42.85	5.98	4.97	4.80	9.35	2.51	1408.4
ER33-046	54.50	175	28.92	0.60	25.22	12.56	1.60	39.99	22.47	43.03	23.72	4.71	41.85	5.71	4.90	4.62	8.70	2.36	1768.2
ER564	56.25	178	29.40	0.47	27.73	13.05	1.77	40.63	23.25	46.24	27.18	6.88	45.97	5.78	4.94	4.86	9.52	2.41	1805.8
ER565	54.75	168	26.47	0.49	26.43	12.53	1.75	40.28	23.00	42.98	25.52	5.13	44.40	5.61	5.23	4.33	9.10	2.40	1691.6
ER35-109	55.00	153	23.70	0.40	25.62	12.79	1.60	42.19	24.88	46.61	27.37	6.31	47.27	6.61	4.91	4.84	9.21	2.58	1541.2
Média	55.13	174	28.34	0.49	26.16	12.41	1.69	41.41	23.33	45.30	25.34	6.69	45.53	6.02	4.99	4.62	8.97	2.47	1599.4
D.P.	±1.82	±0.18	±3.20	±0.12	±2.70	±1.48	±0.27	±2.99	±2.42	±3.77	±2.32	±2.20	±6.64	±0.63	±0.27	±0.62	±0.96	±0.17	±290.0
C.V %	3.29	10.16	11.28	25.46	10.32	11.93	15.69	7.21	10.37	8.32	9.16	32.86	14.58	14.58	5.32	13.50	10.74	6.98	18.18
T.N	0.92 ^{NS}	0.93 ^{NS}	0.97 ^{NS}	0.96 ^{NS}	0.73 ^{**}	0.98 ^{NS}	0.96 ^{NS}	0.92 ^{NS}	0.94 ^{NS}	0.97 ^{NS}	0.97 ^{NS}	0.71 ^{**}	0.94 ^{NS}	0.90 ^{NS}	0.93 ^{NS}	0.82 ^{**}	0.88 ^{**}	0.97 ^{NS}	0.98 ^{NS}

^{NS} não significativo a 5% de probabilidade pelo teste de Shapiro-Wilk. Dias do florescimento (DFT); altura da planta (ALT); comprimento da inflorescência (AFL); índice cilíndrico (ICD); número de folhas (NFS); diâmetro médio do caule (DCM); diâmetro da base da inflorescência (DCI); largura da 3ª folha (LFT); comprimento da 10ª folha (CFT); largura da base da 10ª folha (LBD); ângulo de inserção 10ª folha (AID); média dos internódios (MIN); comprimento da flor (CFL); diâmetro da flor (DFL); engrossamento tubo da flor (ETF); comprimento da corola (CCR); produtividade (PRD); coeficiente de variação (CV) e teste de normalidade (TN)

Quanto às características relacionadas às folhas, o genótipo ER-9227 apresentou as maiores médias para a largura (28,52 cm) e o comprimento da 3ª folha (48,60 cm), variáveis significativamente correlacionadas ($r = 0,87^{**}$) (Tabela 3). As folhas basais geralmente são coletadas prioritariamente; por atingirem o estágio de desenvolvimento progressivamente no sentido basal da planta para inflorescência. No entanto, por muitas vezes as folhas basais (3ª) não atingem tamanho comercial ou apresentam injúrias decorrentes de danos mecânicos causados durante o manejo, assim geralmente são pouco aproveitadas para confecção da capa para charuto. O referido genótipo apresentou simultaneamente duas características importantes para exploração comercial da cultura, o que indica indícios de seleção dos descritores por meio de melhoramento genético. Para a largura e o comprimento da 10ª folha, os genótipos ER-9477 e ER-9227 apresentaram as maiores médias 28,94 cm e 47,15 cm referente ao primeiro e 25,95 cm e 52,52 cm ao segundo genótipo, este reforçando, a possibilidade de condução de um processo seletivo para a fixação das referidas características simultaneamente. A obtenção de determinadas cultivares, a partir de progenitores comuns, seleção artificial contínua e métodos de melhoramento em detrimento de caracteres de interesse comercial (Khan & Narayan, 2007).

A característica largura da base da 10ª folha destacou-se por apresentar, entre as variáveis analisadas, a maior contribuição na expressão da diversidade (Singh, 1981) (Tabela 4) (com 13,48 cm representado pelo genótipo ER-9227). Estimaram-se correlações positiva e altamente significativa entre a variável abordada e a largura da 3ª folha, o comprimento da 3ª folha e o comprimento da 10ª folha, respectivamente $r = 0,63^{**}$ e $0,67^{**}$.

O genótipo ER 33-021 apresentou ângulo de inserção da 10ª folha de 41°; com menor projeção de abertura para esse tipo de fumo, característica relacionada à abertura da folha e consequentemente ao nível de incidência de raio solares sobre esta, potencializando o incremento

Tabela 3. Coeficiente de correlação de Pearson das variáveis: Dias do florescimento (DFT); altura da planta (ALT); comprimento da inflorescência (AFL); índice cilíndrico (ICD); número de folhas (NFS); diâmetro médio do caule (DCM); diâmetro da base da inflorescência (DCI); largura da 3ª folha (LFT); comprimento da 10ª folha (CFT); largura da base da 10ª folha (LBD); ângulo de inserção 10ª folha (AID); média dos internódios (MIN); comprimento da flor (CFL); diâmetro da flor (DFL); engrossamento tubo da flor (ETF); comprimento da corola (CCR); produtividade (PRD). Cruz das Almas, BA

	ALT	AFL	NFS	DCM	DCI	ICD	LFT	CFT	LFD	CFD	LBD	AID	MIN	CFL	DFL	ETF	CCR	PRD
DFT	0.25 ^{NS}	0.09 ^{NS}	0.19 ^{NS}	0.04 ^{NS}	0.06 ^{NS}	-0.02 ^{NS}	0.23 ^{NS}	0.23 ^{NS}	0.20 ^{NS}	0.22 ^{NS}	0.28 ^{NS}	0.13 ^{NS}	0.13 ^{NS}	-0.11 ^{NS}	0.29 ^{NS}	0.04 ^{NS}	0.03 ^{NS}	-0.10 ^{NS}
ALT		-0.14 ^{NS}	0.59 ^{**}	0.24 ^{NS}	-0.03 ^{NS}	0.23 ^{NS}	0.03 ^{NS}	0.16 ^{NS}	0.06 ^{NS}	0.08 ^{NS}	-0.07 ^{NS}	0.05 ^{NS}	-0.20 ^{NS}	0.10 ^{NS}	-0.05 ^{NS}	0.03 ^{NS}	-0.20 ^{NS}	0.27 ^{NS}
AFL			-0.30 ^{NS}	-0.10 ^{NS}	-0.22 ^{NS}	0.27 ^{NS}	-0.11 ^{NS}	-0.02 ^{NS}	0.02 ^{NS}	0.11 ^{NS}	0.00 ^{NS}	-0.18 ^{NS}	0.17 ^{NS}	0.40 ^{NS}	0.19 ^{NS}	0.42 ^{NS}	0.37 ^{NS}	-0.01 ^{NS}
NFS				0.05 ^{NS}	0.00 ^{NS}	0.00 ^{NS}	-0.18 ^{NS}	-0.11 ^{NS}	-0.30 ^{NS}	-0.24 ^{NS}	-0.07 ^{NS}	0.05 ^{NS}	-0.45 ^{**}	-0.32 ^{NS}	0.01 ^{NS}	-0.28 ^{NS}	-0.40 ^{NS}	0.03 ^{NS}
DCM					0.53 ^{**}	0.29 ^{NS}	0.24 ^{NS}	0.22 ^{NS}	0.38 ^{NS}	0.34 ^{NS}	0.06 ^{NS}	0.18 ^{NS}	-0.05 ^{NS}	-0.01 ^{NS}	0.01 ^{NS}	-0.18 ^{NS}	-0.06 ^{NS}	0.30 ^{NS}
DCI						-0.59 ^{**}	0.36 ^{NS}	0.28 ^{NS}	0.27 ^{NS}	0.30 ^{NS}	0.18 ^{NS}	0.19 ^{NS}	0.04 ^{NS}	-0.37 ^{NS}	0.09 ^{NS}	-0.30 ^{NS}	-0.26 ^{NS}	0.35 ^{NS}
ICD							-0.17 ^{NS}	-0.10 ^{NS}	0.06 ^{NS}	0.02 ^{NS}	-0.12 ^{NS}	-0.08 ^{NS}	-0.06 ^{NS}	0.39 ^{NS}	-0.01 ^{NS}	0.25 ^{NS}	0.24 ^{NS}	-0.01 ^{NS}
LFT								0.87 ^{**}	0.53 ^{**}	0.56 ^{**}	0.63 ^{**}	0.36 ^{NS}	0.57 ^{**}	-0.36 ^{NS}	0.12 ^{NS}	-0.30 ^{NS}	-0.19 ^{NS}	0.29 ^{NS}
CFT									0.37 ^{NS}	0.66 ^{**}	0.67 ^{**}	0.17 ^{NS}	0.63 ^{**}	-0.23 ^{NS}	0.16 ^{NS}	-0.16 ^{NS}	-0.25 ^{NS}	0.40 ^{NS}
LFD										0.69 ^{**}	0.24 ^{NS}	0.64 ^{**}	0.23 ^{NS}	-0.07 ^{NS}	0.00 ^{NS}	-0.07 ^{NS}	0.19 ^{NS}	0.29 ^{NS}
CFD											0.67 ^{**}	0.42 ^{NS}	0.58 ^{**}	0.00 ^{NS}	0.16 ^{NS}	0.08 ^{NS}	0.19 ^{NS}	0.47 ^{NS}
LBD												0.29 ^{NS}	0.74 ^{**}	-0.20 ^{NS}	0.29 ^{NS}	0.05 ^{NS}	0.12 ^{NS}	0.13 ^{NS}
AID													0.01 ^{NS}	-0.39 ^{NS}	0.07 ^{NS}	-0.33 ^{NS}	0.03 ^{NS}	0.05 ^{NS}
MIN														0.01 ^{NS}	0.15 ^{NS}	0.22 ^{NS}	0.22 ^{NS}	0.21 ^{NS}
CFL															-0.07 ^{NS}	0.72 ^{**}	0.54 ^{**}	-0.11 ^{NS}
DFL																0.38 ^{NS}	0.08 ^{NS}	-0.16 ^{NS}
ETF																	0.55 ^{NS}	-0.19 ^{NS}
CCR																		-0.35 ^{NS}

** E * Significativo a 1% e a 5%, respectivamente, pelo teste-t, NS não significativo a 5% de probabilidade

Tabela 4. Contribuição relativa dos descritores de fumo (*Nicotiana tabacum* L.) para a estimação da divergência genética de acordo com Singh (1981). Cálculo feito com médias não padronizadas

Variável	S.j	S.j (%)
DFT	18.01	0.14
ALT	1134.75	8.54
AFL	307.26	2.31
NFS	164.08	1.24
DCM	448.06	3.37
DCI	326.66	2.46
ICD	202.55	1.52
LFT	181.63	1.37
CFT	238.05	1.79
LFD	1523.88	11.47
CFD	275.51	2.07
LBD	5916.24	44.53
AID	43.34	0.33
MIN	532.04	4.00
CFL	409.89	3.09
DFL	85.46	0.64
EFL	464.77	3.50
CCRL	764.87	5.76
PRD	249.10	1.87

Dias do florescimento (DFT); altura da planta (ALT); comprimento da inflorescência (AFL); índice cilíndrico (ICD); número de folhas (NFS); diâmetro médio do caule (DCM); diâmetro da base da inflorescência (DCI); comprimento da 3ª folha (CFT); largura da 3ª folha (LFT); comprimento da 10ª folha (CFD); largura da 10ª folha (LFD); largura da base da 10ª folha (LBD); ângulo de inserção 10ª folha (AID); média dos internódios (MIN); comprimento da flor (CFL); diâmetro da flor (DFL); engrossamento tubo da flor (ETF); comprimento da corola (CCR); produtividade (PRD)

de fotoassimilados. Normalmente a movimentação de assimilados ocorre para a região de alta atividade metabólica ou de armazenamento (Vieira et al., 2010), o que resulta na formação de uma folha mais espessa e elástica, conferindo-lhe assim a qualidade necessária para a produção da capa de fumo.

O genótipo ER-9227 apresentou a maior amplitude da média dos internódios. Em geral, genótipos que não tiverem sido melhorados apresentaram maior comprimento entre os internódios. A característica analisada apresenta ainda correlação positiva e altamente significativa com a variável comprimento da 3ª folha, largura da 3ª folha, comprimento da 10ª folha e largura da

base da 10ª folha. E correlação negativa e significativa entre comprimento dos internódios e número de folhas (Tabela 3).

As características relacionadas à corola, como engrossamento do tubo da flor e comprimento da corola foram significativas, os genótipos ER-564 e ER-560 apresentaram média de 95,2 mm para primeira característica e os genótipos ER-561 e ER-9477, médias de 2,67 e 2,59 cm para segunda característica. Os dados obtidos para esses descritores destacam-se por apresentar maior variabilidade entre os genótipos. Esse fato provavelmente ocorre em decorrência de não ter havido pressão de seleção no programa de melhoramento, pois os descritores relacionados a inflorescência passaram por um processo de capação quando a planta atinge o pleno florescimento. Esse procedimento é realizado por constituir um gasto de energia elevado para produção de sementes, prejudicando o desenvolvimento das folhas.

Conclusões

Os descritores que contribuíram expressivamente para a distinção entre os genótipos foram: largura da base da 10ª folha, largura da 10ª folha e altura da planta.

Existe correlação positiva e altamente significativa entre os descritores altura e número de folhas. E correlação negativa entre comprimento de internódios e número de folhas. Os descritores que apresentaram maior variabilidade entre os genótipos foram os relacionados a inflorescência.

Literatura Citada

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO FUMO - ABIFUMO. 2011. Disponível em: <http://www.Abifumo.or.br>. Acesso em: 20 dez. 2011.
- CRUZ, C. D. 2009. Programa genes (versão Windows): aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa: UFV. <http://www.ufv.br/dbg/genes/genes.htm>. Acesso em: 20 dez. 2011.
- CRUZ, M. V. et al. 2010. Diversidad genética de especies silvestres del género *Nicotiana* L: caracterización mediante marcadores bioquímicos. Revista Protección Vegetal (Cuba) 25(2):88-97.
- INTERNATIONAL UNION FOR THE PROTECTION OF NEW VARIETIES OF PLANTS - UPOV. Disponível em <http://www.upov.int/tabaco>. Acesso em: 20 dez. 2011.
- KHAN, M. Q., NARAYAN, R. K. J. 2007. Phylogenetic diversity and relationships among species of genus *Nicotiana* using RAPDs analysis. African Journal of Biotechnology 6(2):148-162.
- LEWIS, R. S. et al. 2007. The negative influence of N-mediated TMV resistance on yield in tobacco: linkage drag versus pleiotropy. Theoretical Applied Genetics 115(2):169-178.
- MESQUITA, A. S.; OLIVEIRA, J. M. C. 2003. A cultura do fumo na Bahia da excelência à decadência. Revista Bahia Agrícola (Brasil) 6(1): 31-40.
- NARAYAN, R. K. 1987. Nuclear DNA changes, genoma differentiation and evolution in *Nicotiana* (*Solanaceae*). Plant Systematics and Evolution 157(3):161-180.
- SANTOS, M. 2002. Caracterização fenotípica e molecular de genótipos de fumo no Sul do Brasil. Dissertação de Mestrado. Porto Alegre, RS, UFRGS. 122p.
- SAS INSTITUTE. 2009. SAS Technical Report, SAS/STAT software: changes and enhancement, release 9.1. 3. Cary NC, SAS Institute.
- SINDICATO DA INDÚSTRIA DO FUMO - SINDIFUMO. 2007. A agroindústria do fumo no Sul do Brasil. Santa Cruz do Sul, RS. 15p.
- SINGH, D. 1981. The relative importance of characters affecting genetic divergence. The Indian Journal of Genetic and Plant Breeding. (Indian) 41(2):237-245.
- VIEIRA, E. L. et al. 2010. Translocação e distribuição. In: Manual de fisiologia vegetal. São Luis, MA, EDUFMA. pp.129-155.
- ZHANG, H.Y. et al. 2008. Genetic diversity among flue-cured tobacco cultivars based on RAPD and AFLP markers. Brazilian Archives of Biology and Technology (Brasil) 51(6):1097-1101. ●

AGRADECIMENTOS AOS CONSULTORES CIENTÍFICOS

O sucesso de uma Revista depende não só da boa qualidade dos artigos submetidos para publicação, como também, dos comentários e sugestões dos assessores científicos, de cujos pareceres a Comissão Editorial não pode prescindir em suas decisões.

A revista *Agrotrópica*, através do seu conselho editorial, deseja expressar seu mais profundo agradecimento aos especialistas que, em maio a agosto de 2016, colaboraram na revisão de um ou mais artigos a eles enviados pelo editor. A publicação de seus nomes é um testemunho do nosso mais profundo reconhecimento pela sua valiosa colaboração com a revista.

- Adriana Ramos Mendes (1) UESC - Ilhéus - BA
- Antônio Teixeira de Matos (1) UFMG - Belo Horizonte - MG
- Antônio Carlos da Gama-Rodrigues (1) - UENF - Campos dos Goytacazes - RJ
- Caio Marcio Vasconcelos Cordeiro de Almeida (1) CEPLAC/SUERO - Porto Velho - RO
- Débora Ferreira Melo Fragoso (1) UFES - Alegre - ES
- Dilze Argôlo Magalhães (1) CEPLAC/CEPEC - Ilhéus - BA
- Edson Ferreira da Silva (1) UFRPE - Recife - PE
- Emanuela Forestieri da Gama-Rodrigues (1) UENF - Campos dos Goytacazes - RJ
- Everton Hilo de Souza (1) Embrapa Mandioca e Fruticultura - Cruz das Almas - BA
- Glória Matallana Tóbon (1) CEUNES - São Mateus - ES
- Hudson Teixeira (1) EPAMIG - Lavras - MG
- Ivan Crespo da Silva (1) UFPR - Curitiba - PR
- Jadergudson Pereira (1) UESC - Ilhéus - BA
- Jomar Gomes Jardim (1) UFLA - UFRN - Natal - RN
- José Adolfo Almeida Neto (1) UESC - Ilhéus - BA
- José Basílio Vieira Leite (1) CEPLAC/CEPEC - Ilhéus - BA
- José Salazar Zanuncio Júnior (1) INCAPER - Domingos Martins - ES
- Josilda da França Xavier (1) Campina Grande - PB
- Kaleandra Freitas Sena (1) - CEPLAC/CEPEC - Ilhéus - BA
- Larissa Alexandra Cardoso Moraes (1) Embrapa - Manaus - AM
- Luziane Resende Bestete (1) UFRPE - Recife - PE
- Luiz Claudio Correa (1) Embrapa - Petrolina - PE
- Maria Angélica Pereira de Carvalho Costa (1) UFRB - Cruz das Almas - BA
- Maria Cristina Bastos Oliveira (1) Embrapa - Londrina - PR
- Neide Alice Bello Marques Pereira (1) CEPLAC/CEPEC - Ilhéus - BA
- Quintino Reis de Araujo (1) CEPLAC/CEPEC - Ilhéus - BA
- Raul René Valle (2) CEPLAC/CEPEC - Ilhéus - BA
- Thaís Emanuelle Feijó de Lima (1) - UFRB - Cruz das Almas - BA
- Virupax C. Baligar (1) - USDA /ARS - Maryland - EUA

*Os números entre parênteses, após os consultores, indicam o número de trabalhos revisados.

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

