



**Divergência Genética em *Oenocarpus bacaba* Mart. com Base em
Características dos Frutos em Itacoatiara, Amazonas**

**Genetic Divergence in *Oenocarpus bacaba* Mart. Based on Fruit
Characteristics in Itacoatiara, Amazonas**

**Divergencia Genética en *Oenocarpus bacaba* Mart. sobre la Base de
Características de los Frutos en Itacoatiara, Amazonas**

Shayenne Hevelyn Farias Fernandes¹

Douglas do Nascimento Reis²

Riverson Bentes da Silva³

Jennifer Souza Tomaz⁴

Caroline de Souza Bezerra⁵

Maria Teresa Gomes Lopes⁶

Ricardo Lopes⁷

Carlos Henrique Salvino Gadelha Meneses⁸

Rodrigo Rodrigues Matiello⁹

Santiago Linorio Ferreyra Ramos¹⁰

¹ Graduada em Agronomia. Universidade Federal do Amazonas (UFAM). Itacoatiara, Amazonas, Brasil.

E-mail: shayennefarias@gmail.com Orcid: <https://orcid.org/0009-0002-4109-8561>

² Mestrando em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia. Universidade Federal do Amazonas (UFAM). Manaus, Amazonas, Brasil. E-mail: douglasreis.dnr@gmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0009-0007-7185-5240>

³ Mestrando em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia. Universidade Federal do Amazonas (UFAM). Manaus, Amazonas, Brasil. E-mail: riverbentes@gmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0009-0008-5811-8067>

⁴ Doutora em Agronomia Tropical. Universidade Federal do Amazonas (UFAM). Manaus, Amazonas, Brasil. E-mail: jennifer.tomaz@ufam.edu.br Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-6612-2172>

⁵ Doutora em Agronomia Tropical. Universidade Federal do Amazonas (UFAM). Manaus, Amazonas, Brasil. E-mail: caroline.bezerra@ufam.edu.br Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-0380-4181>

⁶ Doutora em Agronomia (Genética e Melhoramento de Plantas). Universidade Federal do Amazonas (UFAM). Manaus, Amazonas, Brasil. E-mail: mtglopes@ufam.edu.br Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-1988-7126>

⁷ Doutor em Agronomia (Genética e Melhoramento de Plantas). Universidade Federal do Amazonas (UFAM). Manaus, Amazonas, Brasil. E-mail: ricardo.lopes@embrapa.br Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5559-9685>

⁸ Doutor em Biotecnologia Vegetal e Bioprocessos. Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde. Campina Grande, Paraíba, Brasil. E-mail: carlos.meneses@servidor.uepb.edu.br Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-8394-1305>

⁹ Doutor em Agronomia (Genética e Melhoramento de Plantas). Universidade Estadual de Ponta Grossa. Ponta Grossa, Paraná, Brasil. E-mail: rmatiel@uepg.br Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-9884-1603>

¹⁰ Doutor em Agronomia (Genética e Melhoramento de Plantas). Universidade Federal do Amazonas (UFAM). Manaus, Amazonas, Brasil. E-mail: slfr@ufam.edu.br Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0364-316X>





Resumo

A bacaba (*Oenocarpus bacaba* Mart.) é uma palmeira nativa da Amazônia amplamente explorada de forma extrativista por populações ribeirinhas e povos originários. Seus frutos apresentam múltiplos usos, sendo a polpa empregada na alimentação, em práticas medicinais tradicionais e na confecção de bijuterias, enquanto a madeira e as folhas são utilizadas na construção de habitações. A espécie ocorre predominantemente na Amazônia brasileira, com maior concentração nos estados do Amazonas e do Pará, desempenhando papel relevante nos contextos econômico e social. A produção proveniente da coleta extrativista é majoritariamente comercializada em mercados locais e regionais, constituindo importante fonte de renda para famílias de agricultores extrativistas. Apesar de sua importância, *O. bacaba* carece de políticas específicas de conservação, bem como de estudos que abordem as diferentes fases do processo de domesticação, especialmente no que se refere às características morfo-agronômicas associadas à divergência genética. Essa lacuna é ainda mais evidente em áreas tradicionalmente utilizadas para a coleta extrativista da espécie. Diante desse cenário, o presente estudo teve como objetivo caracterizar a divergência genética de *Oenocarpus bacaba* Mart. com base em características morfo-agronômicas dos frutos, no município de Itacoatiara, Amazonas. A amostragem foi composta por dez plantas de uma população espontânea explorada por agricultores extrativistas, das quais foram coletados todos os frutos. Nas progênies obtidas, avaliaram-se parâmetros morfo-agronômicos dos frutos e das sementes. Os dados foram submetidos à Análise de Componentes Principais (ACP), ao agrupamento hierárquico aglomerativo pelo método de Ward e à estatística descritiva.

Palavras-chave: Bacaba. Sementes. Análise de Componentes Principais. Dendrograma.

Abstract

The bacaba (*Oenocarpus bacaba* Mart.) is a native palm of the Amazon widely exploited in an extractivist way by riparian populations and indigenous peoples. Its fruits have multiple uses, being the pulp used in food, traditional medicinal practices and jewelry making, while wood and leaves are used in housing construction. The species occurs predominantly in the Brazilian Amazon, with a higher concentration in the states of Amazonas and Pará, playing an important role in economic and social contexts. The production from extractive collection is mostly sold in local and regional markets, constituting an important source of income for families of extractivist farmers. Despite its importance, *O. bacaba* lacks specific conservation policies, as well as studies that address the different stages of the domestication process,





especially with regard to the morpho-agronomic characteristics associated with genetic divergence. This gap is even more evident in areas traditionally used for extractive collection of the species. Given this scenario, the present study aimed to characterize the genetic divergence of *Oenocarpus bacaba* Mart. based on morpho-agronomic characteristics of the fruits, in the municipality of Itacoatiara, Amazonas. The sample was composed of ten plants from a spontaneous population exploited by extractivist farmers, from which all fruits were collected. In the obtained progenies, morpho-agronomic parameters of fruits and seeds were evaluated. The data were submitted to Principal Component Analysis (PCA), agglomerative hierarchical grouping by Ward's method and descriptive statistics.

Keywords: Bacaba. Seeds. Analysis of Main Components. Dendrogram.

Resumen

La bacaba (*Oenocarpus bacaba* Mart.) es una palmera nativa del Amazonas ampliamente explotada de forma extractiva por poblaciones ribereñas y pueblos originarios. Sus frutos presentan múltiples usos, siendo la pulpa empleada en la alimentación, en prácticas medicinales tradicionales y en la confección de bisutería, mientras que la madera y las hojas son utilizadas en la construcción de viviendas. La especie se encuentra predominantemente en la Amazonia brasileña, con mayor concentración en los estados de Amazonas y Pará, desempeñando un papel relevante en los contextos económicos y sociales. La producción proveniente de la recolección extractivista es mayoritariamente comercializada en mercados locales y regionales, constituyendo importante fuente de ingresos para familias de agricultores extractivistas. A pesar de su importancia, *O. bacaba* carece de políticas específicas de conservación, así como de estudios que aborden las diferentes fases del proceso de domesticación, especialmente en lo que se refiere a las características morfo-agronómicas asociadas a la divergencia genética. Esta brecha es aún más evidente en áreas tradicionalmente utilizadas para la recolección extractiva de la especie. Ante este escenario, el presente estudio tuvo como objetivo caracterizar la divergencia genética de *Oenocarpus bacaba* Mart. basado en características morfo-agronómicas de los frutos, en el municipio de Itacoatiara, Amazonas. El muestreo fue compuesto por diez plantas de una población espontánea explotada por agricultores extractivistas, de las cuales se recogieron todos los frutos. En las progenie obtenidas, se evaluaron los parámetros morfo-agronómicos de los frutos y de las semillas. Los datos fueron sometidos al Análisis de Componentes Principales (ACP), al agrupamiento jerárquico aglomerativo por el método de Ward y a la estadística descriptiva.





Palabras clave: Bacaba. Semillas. Análisis de Componentes Principales. Dendrograma.

Introdução

A bacaba (*Oenocarpus bacaba* Mart.) é uma palmeira nativa não endêmica da Amazônia com ocorrência confirmada nos estados do Acre, Amazonas, Amapá, Pará e Rondônia, em ambiente de terra firme (Lorenzi, 2020). Populações ribeirinhas e indígenas que exploram de forma extrativista a bacaba, principalmente o fruto, do qual a polpa é usada na produção do vinho para consumo humano e as sementes são usadas na alimentação de animais, produção de óleo usado como alimento humano ou com fins medicinais e como combustível para lamparinas (Oliveira; Ferreira; Santos, 2006). Além dos usos do fruto, folhas e troncos são usados na construção de moradias rústicas e o palmito na alimentação humana.

Embora a maior parte da exploração da bacaba seja para uso próprio dos extrativistas, em várias cidades nos estados do Acre, Amazonas e Pará a comercialização de frutos *in natura*, do vinho e do óleo é verificada em feiras livres e mercados e a oferta geralmente não atende à demanda (Morato & Reia, 2014; Oliveira; Ferreira; Santos, 2006). Estudos sobre a composição e usos de partes dos frutos da bacaba demonstram o potencial de uso na indústria de alimentos, cosméticos e de produtos medicinais (Abadio Finco *et al.*, 2016; Santos *et al.*, 2015), o que tem agregado valor a espécie e contribuído para o aumento de sua exploração comercial como fonte de renda das populações tradicionais da Amazônia. A polpa da bacaba é extraída pelo mesmo processo empregado para o açaí, apresenta sabor muito agradável e elevado teor de óleo e é comercializada *in natura* ou congelada, inclusive é procurada em substituição à polpa do açaí em época de entressafra dessa espécie (Oliveira; Mochiutti; Neto, 2012).

Apesar da aceitação e da demanda de mercado existente, o potencial da bacaba ainda é subaproveitado, contudo, para garantir o desenvolvimento e exploração sustentável da cadeia produtiva são necessários estudos sobre as populações naturais que permitem definir estratégias de exploração e conservação, bem como estudos que possibilitem seu cultivo comercial. O uso tradicional da bacaba é realizado há milênios pelos indígenas na Amazônia, mas a espécie ainda é considerada incipientemente domesticada (Clement, 1999) ou nada domesticada (Cymerys, 2005). O conhecimento científico sobre a espécie ainda é escasso, incluindo estudos sobre estrutura e diversidade genética de populações naturais, que são





essenciais para exploração racional e preservação da espécie, portanto, para o desenvolvimento sustentável de sua cadeia produtiva. A caracterização e avaliação do germoplasma disponível são também fundamentais para sua exploração em programas de melhoramento genético que viabilizem o cultivo da espécie.

A espécie *O. bacaba* suporta precipitação pluvial na faixa de 1500 a 3000 mm por ano, e pode suportar secas de até quatro meses, é resistente ao fogo, porém, não tolera a saturação hídrica, no banco de plântulas das florestas clímax, a espécie apresenta centenas de plântulas, já em condições antrópicas apresenta de 20 a 50 plantas/ha (FAO, 1987). Devido a essas características e à adaptação evolutiva da espécie à terra firme e aos solos latossolos argilosos e pobres em nutrientes predominantes em grande parte da Amazônia brasileira, a espécie tem potencial para uso na recuperação de áreas degradadas ou em sistemas agroflorestais.

A conservação *ex situ* da bacaba em bancos de germoplasma é pouco expressiva, uma das iniciativas é o BAG Bacaba mantido na Embrapa Amazônia Oriental, em Belém, PA, onde são mantidas quatro espécies de *Oenocarpus*, incluindo 35 subamostras de *O. bacaba* (Oliveira; Mochiutti; Neto, 2012). Atualmente, a conservação da espécie é realizada *in situ*, nas diferentes unidades de conservação (Lei n. 9.985 de 18/07/2000), nos quintais de populações tradicionais, em áreas de agricultores familiares e em sistemas agroflorestais (Noda, 2012). Avaliações de características como crescimento e desenvolvimento da planta, precocidade na produção de frutos, produção e composição do fruto e da polpa, entre outras, são importantes para o processo de domesticação e melhoramento genético da bacaba.

Os caracteres fenotípicos de uma planta, como produção, peso do fruto ou relação polpa/fruto, entre outros caracteres morfo-agronômicos de alguma planta, é resultante do genótipo do indivíduo e do meio no qual este indivíduo se desenvolve (Vencovsky & Barriga, 1992), o que significa que este caracteres morfo-agronômicos dos frutos de *O. bacaba* pode ser influenciada pelo ambiente no qual se desenvolve e pelo fluxo gênico das árvores mães. Porém, quando estas variações nos caracteres observadas em cada árvore-mãe são analisadas individualmente por meio de análises univariadas, elas podem ser de grande magnitude e não significativas (Santos *et al.*, 2018). Entretanto, uma análise multivariada considera várias variáveis correlacionadas simultaneamente, sendo todas consideradas igualmente importantes, pelo menos inicialmente (Manly, 2008), permitindo o agrupamento de genótipos de acordo com as semelhanças dos valores observados (Santos *et al.*, 2018). Assim, seria possível agrupar os genótipos provenientes de diferentes populações e, conseqüentemente,





inferir sobre a distribuição da variabilidade genética entre e dentro dessas populações (Santos *et al.*, 2018).

Este estudo teve como objetivo avaliar a variabilidade fenotípica para caracteres de frutos em uma população de *O. bacaba*, o que poderia contribuir para definir estratégias de conservação e uso de árvores-mães para os sistemas de produção ou um uso futuro em programas de melhoramento. Procurando responder, o objetivo desta pesquisa foi caracterizar a divergência genética de *Oenocarpus bacaba* Mart. pelas características morfo-agronômicas dos frutos numa população natural dentro do estado do Amazona, município de Itacoatiara, utilizando análises univariadas e multivariadas.

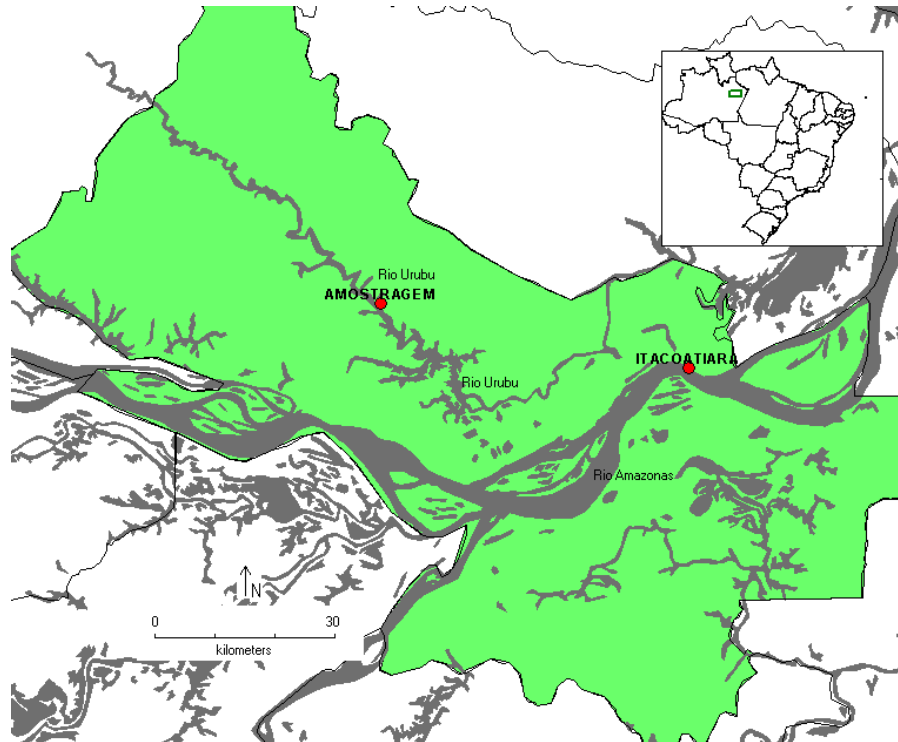
Metodologia

Este estudo foi realizado em uma população espontânea de *O. bacaba* localizada (3°02'43.4"S, 58°55'04.3"W) no município de Itacoatiara, Amazonas, próximo à comunidade São Francisco de Assis, com acesso pelo ramal São Francisco de Assis, lado esquerdo do Km 54 da rodovia AM 010 no sentido Itacoatiara a Manaus (Figura 1).



Figura 1

*Local de amostragem de *Oenocarpus bacaba* na comunidade de São Francisco, Município de Itacoatiara, AM.*



Fonte: Imagem obtida pelo DIVA-GIS (2012).

Em setembro de 2020, numa área de floresta com espécies de comunidade ecológica do tipo clímax, foi identificada uma população natural de *O. bacaba*. Nesta população foram amostradas aleatoriamente dez plantas, que apresentavam frutos maduros no momento da coleta. As distâncias entre as plantas variaram entre 8 e 153 metros, de acordo com a distância euclidiana entre dois pontos. Logo as plantas foram identificadas e marcadas com tinta amarela e a posição registrada pelas coordenadas geográficas utilizando equipamento GPS (sistema de posicionamento global). A coleta foi registrada seguindo as normas do SisGen (Sistema Nacional de Gestão do Patrimônio Genético e do Conhecimento Tradicional Associado, Decreto nº 8.772, de 11 de maio de 2016, que regulamenta a Lei nº 13.123, de 20 de maio de 2015) com cadastro AA9537B.

Nas plantas identificadas e marcadas, acompanhamos uma safra de produção de frutos da população de *O. bacaba*. De cada uma das dez plantas foi coletado um cacho de frutos maduros. A identificação do estágio de maturação foi realizada visualmente pela coloração dos frutos que se encontravam no centro do cacho. Para isso foi necessário contar com ajuda de uma pessoa com experiência escalando estes estípites (caules). Imediatamente após a coleta



do cacho os frutos foram removidos manualmente e armazenados individualmente em saco de plástico transparente com a devida identificação e o material transportado imediatamente para o Laboratório de Botânica, Instituto em Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal do Amazonas (UFAM), Manaus, Amazonas, onde foram realizadas as avaliações.

De cada cacho foram registrados número total de frutos (NTF), peso total de frutos (PTF), em gramas, e peso médio dos frutos (PMF), em gramas, este obtido pela relação PTF/NTF . Posteriormente, foram separadas ao acaso de cada cacho de *O. bacaba* três repetições, com 10 frutos cada. Destas amostras foram avaliadas as variáveis morfo-agronômicas de peso do fruto (g), comprimento (CF) e diâmetro (DF), em mm, peso da semente (OS) e peso da casca com polpa (PCP), em gramas, comprimento (CS) e diâmetro da semente (DS), em mm, e relação polpa/fruto (RPF). As medidas de comprimento e diâmetro foram tomadas utilizando paquímetro digital e as pesagens foram realizadas em balança de precisão. Para obter o peso da polpa mais casca e da semente, os frutos foram despulpados manualmente com auxílio de faca.

2.1 Teor de Umidade

Para determinar o teor de umidade do fruto (TUF), de cada cacho foram retiradas três amostras com cinco frutos cada. Deste material, duas amostras foram utilizadas para realizar o teor de umidade da polpa/casca e da semente. A outra terceira amostra, continha o fruto completo. Após a pesagem da amostra fresca, os diferentes materiais foram colocados pelo método da estufa a 105 ± 3 °C durante 24 horas (Brasil, 2009). O conteúdo de água foi verificado pela diferença entre o peso fresco e o peso seco das amostras e os resultados expressos em percentual de água sobre o peso da amostra fresca.

2.2 Análises Estatísticas e de Diversidade Genética

Os valores para número de frutos e peso total de frutos por cacho e peso médio de frutos, obtidos a partir do total de frutos produzidos no cacho, foram analisados pelas estatísticas descritivas considerando os valores dos dez cachos amostrados, um por planta.

As características de fruto e sementes, avaliadas com três repetições de 30 frutos por cacho, bem como o teor de umidade dos frutos, obtido a partir de três repetições de cinco frutos por cacho, foram analisadas por estatísticas descritivas e utilizadas para análise da





diversidade genética das plantas amostradas por métodos multivariados, incluindo medidas de dissimilaridade usando distância Euclidiana, agrupamento hierárquico aglomerativo pelo método de Ward e análise de componentes principais.

Para realizar a Análise de Componentes Principais (ACP), os dados foram previamente normalizados e utilizada a matriz de correlação euclidiana. Os componentes (autovalores) foram selecionados baseados nos critérios de *Kaiser-Guttman*, calculando a média de todos os autovalores e interpretando apenas os eixos cujos autovalores são maiores que essa média (Borcard *et al.*, 2018). Posteriormente foi realizada uma redução de variáveis seguindo as recomendações de Jolliffe (1972), indicando que o número de variáveis rejeitadas ou descartadas deverá ser igual ao número de autovalores menores de 0,70.

Os valores das características de cacho, fruto e sementes foram normatizados previamente (Manly, 2004; Oksanen *et al.*, 2018) para cálculo da distância euclidiana entre indivíduos amostrados. Os valores de distância euclidiana foram utilizados para construção da matriz de dissimilaridade entre os indivíduos amostrados, a qual foi utilizada para análise de agrupamento hierárquico aglomerativo pelo método de Ward (1963). Para determinar o número de grupos formados no dendrograma, foram realizadas 1000 reamostragens de *bootstrap* (Shimodaira, 2002) e o *p-valor* de cada agrupamento foi obtido pela máxima verossimilhança (Shimodaira, 2002). A consistência do padrão de agrupamento foi verificada pelo valor do coeficiente de correlação *cofenética* (*c*), sendo que valores próximos à unidade indicam menor distorção do dendrograma em relação à representação da matriz de similaridade e valores abaixo de 0,8 distorção significativa (Sokal & Rohlf, 1962).

As análises estatísticas e de diversidade foram realizadas utilizando a plataforma do project R (R Core Team, 2021). Nas análises descritivas foram empregadas as funções *sd*, *var*, *summary* e *t. test*. Na análise dos componentes principais foram utilizadas as funções *rda* e *eigen* do pacote *vegan* (Oksanen *et al.*, 2019), *barplot*, *screenplot* e *biplot* da própria plataforma (R Core Team, 2021), assim como a função *cor* para a correlação das variáveis avaliadas. Para construção do dendrograma foram utilizadas as funções *decostand*, *dist*, *cor*, *cophenetic*.

Resultados e Discussões

O teor de água dos frutos coletados de dez plantas de *O. bacaba* apresentou-se em média para os frutos de 32,65%, nas sementes de 31,68% e na polpa-casca de 29,13%. A





média para peso total dos frutos (PTF) do cacho foi de 4143,7 g, variando entre 88,1 g (planta 7) e 10761,2 g (planta 4) e para número de frutos (NF) foi de 1856,4, variando entre 73 (planta 7) à 5030 (planta 4). O número médio de frutos por kg foi de 524, com variação de 346 a 829, e o peso médio dos frutos foi de 2,03 g, com variação de 1,21 a 2,89 g (Tabela 1). Alta variação foi observada para PTF (CV=82,9%) e para NF (77,6%) (Tabela 1), indicando grande variabilidade para essas características entre os cachos amostrados, enquanto para PMF (CV=19,6%) a variação é relativamente muito menor, indicando menor variabilidade para essa característica.

Tabela 1

*Número (NF), peso total (PTF) e peso médio de 10 frutos (PMF) em cachos de plantas de *Oenocarpus bacaba*. Comunidade São Francisco de Assis, Itacoatiara – AM.*

| Planta | PTF (g) | NF | Número de frutos por kg | PMF (g) |
|-----------|---------|--------|-------------------------|---------|
| Planta 01 | 2487,7 | 1,228 | 494 | 2,03 |
| Planta 02 | 3462,0 | 1634 | 472 | 2,12 |
| Planta 03 | 2861,0 | 1283 | 448 | 2,23 |
| Planta 04 | 10761,2 | 5030 | 467 | 2,14 |
| Planta 05 | 2329,0 | 1320 | 567 | 1,76 |
| Planta 06 | 7995,7 | 2765 | 346 | 2,89 |
| Planta 07 | 88,1 | 73 | 829 | 1,21 |
| Planta 08 | 336,0 | 219 | 652 | 1,53 |
| Planta 09 | 7059,9 | 2614 | 370 | 2,70 |
| Planta 10 | 4056,8 | 2398 | 591 | 1,69 |
| Média | 4143,7 | 1856,4 | 523,60 | 2,03 |
| CV(%) | 82,91 | 77,62 | 27,29 | 19,62 |

Ao avaliar os caracteres em estudo de *O. bacaba*, a partir das três repetições com 10 frutos cada, o peso médio dos frutos foi de 2,09 g, diâmetro médio de 13,97 mm e comprimento médio de 15,98 mm. Nas sementes, o peso médio foi 1,13 g, diâmetro médio de 10,76 mm e comprimento médio de 13,89 mm. O peso médio da casca com polpa foi 0,95 g. A relação Casca-polpa/fruto foi de 45,79 % (Tabela 2).





Tabela 2

*Médias, valores mínimos, máximos, desvio padrão e variância de sete caracteres morfo-agronômicos avaliados, em 30 frutos/sementes distribuídos em três repetições, de Bacaba (*Oenocarpus bacaba* Mart.) coletados na Comunidade São Francisco Itacoatiara - Amazonas.*

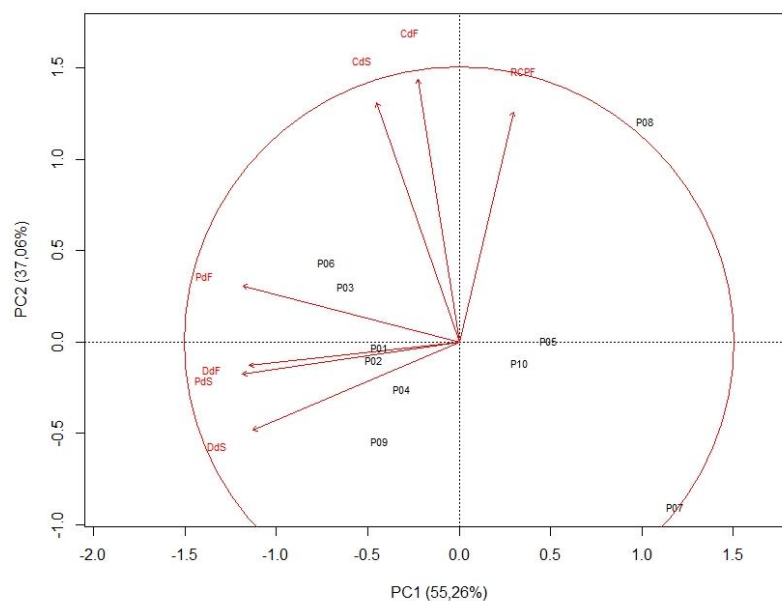
| Caracteres Avaliados | Média | Valor Mínimo | Valor Máximo | Sd | Variância | CV (%) |
|-----------------------------|-------|--------------|--------------|-------|-----------|--------|
| Peso do fruto (g) | 2,087 | 0,900 | 3,170 | 0,483 | 0,233 | 23,14 |
| Diâmetro do fruto (mm) | 13,97 | 9,68 | 16,43 | 1,553 | 2,411 | 11,12 |
| Comprimento do fruto (mm) | 15,98 | 12,77 | 20,26 | 1,376 | 1,893 | 8,61 |
| Peso da Semente (g) | 1,133 | 0,600 | 1,830 | 0,298 | 0,089 | 26,33 |
| Diâmetro da Semente (mm) | 10,76 | 5,47 | 13,24 | 1,954 | 3,818 | 18,16 |
| Comprimento da Semente (mm) | 13,89 | 9,17 | 17,48 | 1,480 | 2,191 | 10,66 |
| Relação Casca-Polpa/Fruto | 54,62 | 37,84 | 88,08 | 7,644 | 58,43 | 14,00 |

Sd= desvio padrão

O resultado da análise de componentes principais mostrou que os dois primeiros componentes (CP1 e CP2) explicam 92,16% da variância (Figura 3).

Figura 3

*Análise dos componentes principais (PC1 e PC2) das sete variáveis morfo-agronômicas de *Oenocarpus bacaba*, de uma população natural na comunidade São Francisco, Itacoatiara - Amazonas.*





As variáveis peso da semente (55,26%) e comprimento do fruto (F) explicam os outros 37,06% que são as mais importantes respectivamente para estes dois componentes (Tabela 3). Informação que é confirmada pelo critério de Kaiser-Guttman, selecionando os dois primeiros componentes principais (CP), que explicaram os 92,16% de variação total (Tabela 3 e Figura 4).

Tabela 3

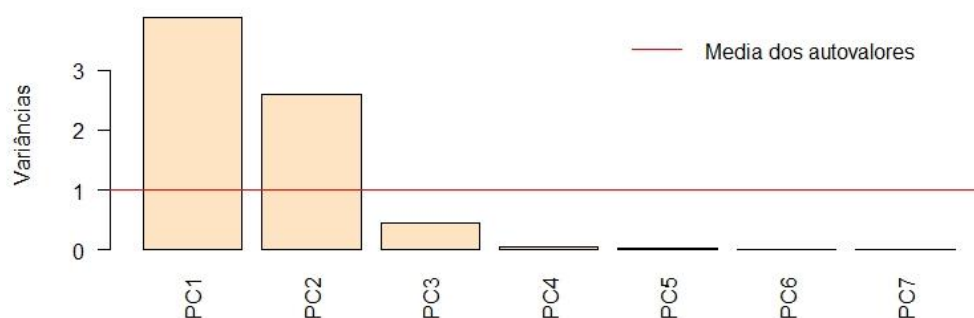
*Componentes principais (CP), autovalores (λ_i), percentagem da variância explicada pelos componentes (% var. CP) e acumulada ((% var. CP/A) das variáveis morfo-agronômicas de *Oenocarpus bacaba*. Variáveis e autovetores (ou coeficientes de ponderação) de cada variável avaliada no solo em cada CP.*

| CP | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|-------------|-------------|---------|---------|----------|----------|----------|
| λ_i | 3,8681 | 2,5943 | 0,44391 | 0,056987 | 0,029972 | 0,005935 |
| % Var. CP | 0,5526 | 0,3706 | 0,06342 | 0,008141 | 0,004282 | 0,000848 |
| % Var. CP/A | 0,5526 | 0,9232 | 0,9866 | 0,994746 | 0,999027 | 0,999875 |
| Variável | Autovetores | | | | | |
| PF | -1,3919 | 0,3616 | -0,1199 | -0,9174 | 1,056 | 1,5972 |
| DF | -1,3509 | -0,1533 | -1,2349 | -0,3873 | -2,09427 | -0,1396 |
| CF | -0,2646 | 1,6904 | 0,6022 | -1,1433 | 0,04529 | -1,7141 |
| PS | -1,3940 | -0,2095 | 0,793 | -0,5504 | 0,46245 | -0,1403 |
| DS | -1,3257 | -0,5683 | -0,5254 | 1,5466 | 1,0354 | -1,3148 |
| CS | -0,5315 | 1,5391 | 1,0748 | 1,6989 | -0,7738 | 0,8012 |
| RCPF | 0,3489 | 1,4798 | -1,9938 | 0,2391 | 0,74125 | 0,1953 |

Peso do fruto (PF). Diâmetro do fruto (DF). Comprimento do fruto (CF). Peso da semente (PS). Diâmetro da semente (DS). Comprimento da semente (CS). Relação polpa/fruto (RCPF). Variáveis em negrito foram selecionadas de acordo Jolliffe (1972).

Figura 4

*Gráfico de Kaiser–Guttman, determinando o número de eixos interpretáveis no Análise de Componentes Principais, aplicados nas sete variáveis morfo-agronômicas de *Oenocarpus bacaba*, de uma população natural na comunidade São Francisco, Itacoatiara-AM.*





De acordo com a análise de agrupamento hierárquico aglomerativo, utilizando o método de Ward (1963), os indivíduos amostrados foram divididos em dois grupos (Figuras 5, 6 e 7), cada um com cinco indivíduos. O coeficiente de correlação cofenética foi de 0.607 (ou correlação r de Pearson).

Figura 5

Gráfico de barras mostrando as larguras médias para diferentes possíveis agrupamentos de $k = 2$ a 10 grupos. Identificação dos dois melhores agrupamentos baseada no critério de maior largura média, numa população natural de *Oenocarpus bacaba*, na comunidade São Francisco, Itacoatiara-AM.

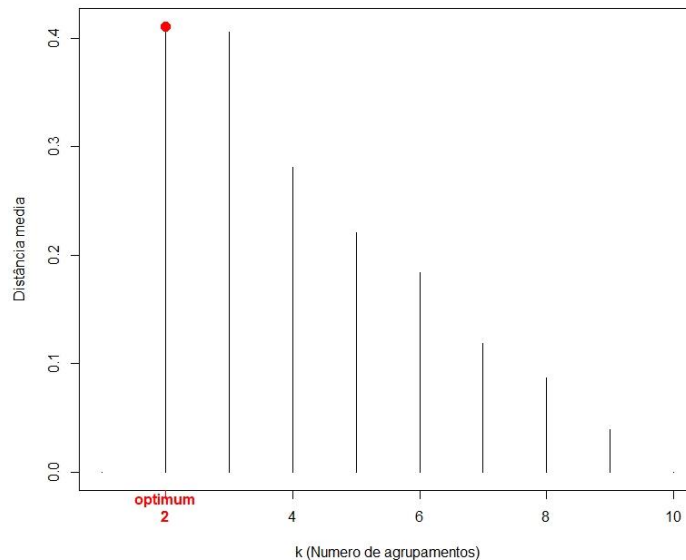




Figura 6

Gráfico de Kaiser–Guttman, determinando o número de eixos interpretáveis no Análise de Componentes Principais, aplicados nas sete variáveis morfo-agronômicas de *Oenocarpus bacaba*, de uma população natural na comunidade São Francisco, Itacoatiara-AM.

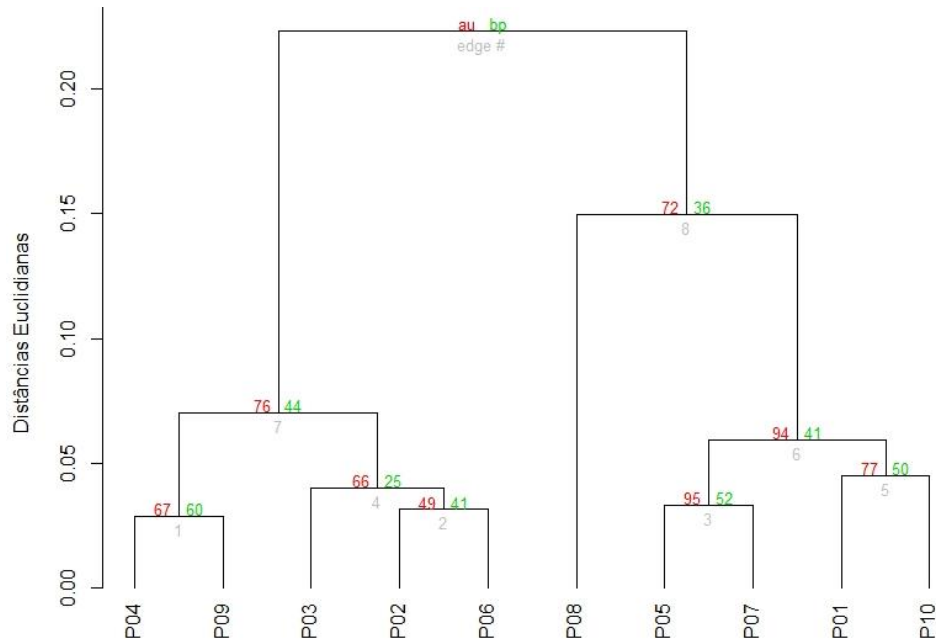
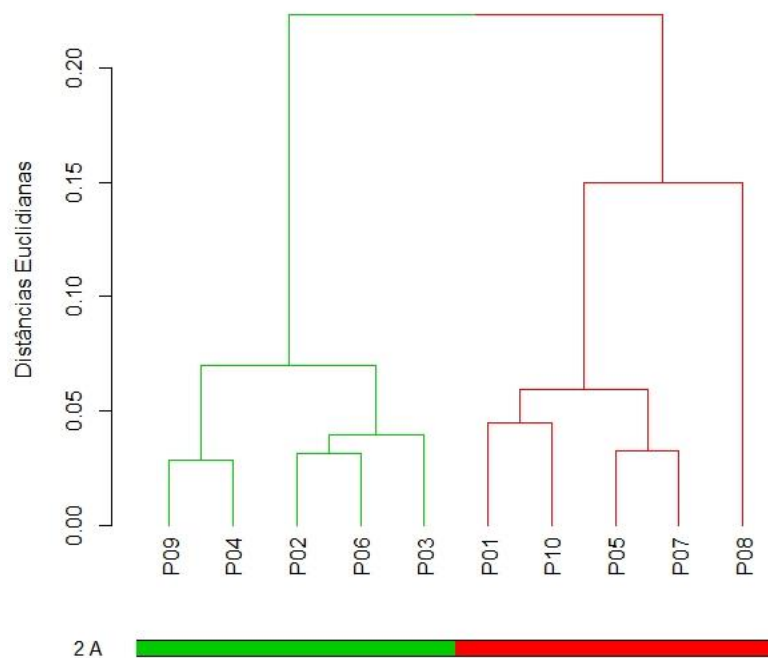


Figura 7

*Dendrograma obtido com dois grupos, pelo agrupamento hierárquico aglomerativo, método de Ward (1963), utilizando distâncias euclidianas, nas variáveis morfo-agronômicas dos frutos e sementes, obtidas das 10 plantas mães (P) de *Oenocarpus bacaba* amostradas numa população natural, na comunidade São Francisco, Itacoatiara-AM.*



O teor de água é uma variável importante dentro da composição da semente, influenciando a germinação (Brasil, 2009) neste caso da espécie *O. bacaba*. O teor de água, como é um dos aspectos relacionados à fisiologia das sementes, facilita as decisões de armazenamento e a produção de mudas, o que indica que a semente da espécie *O. bacaba* poderia se classificar como recalcitrante (Brasil, 2009).

A distribuição de frequências dos sete caracteres morfo-agronômicos avaliados nos frutos de bacaba revelou a presença de variação fenotípica entre os indivíduos amostrados. De acordo com os princípios teóricos da conservação de recursos genéticos, essa variabilidade reflete a capacidade dos organismos de expressarem diferenças herdáveis em suas características morfológicas e funcionais (Sousa *et al.*, 2012). Tais variações podem ser influenciadas por aspectos relacionados ao sistema reprodutivo da espécie, os quais afetam os padrões de recombinação genética (Ramos *et al.*, 2011), bem como por processos naturais de fluxo gênico entre populações, que contribuem para a manutenção e ampliação da diversidade genética em ambientes naturais (Ramos *et al.*, 2016).



Dessa forma, o estudo possibilita novas pesquisas abrangendo áreas geográficas e outras paisagens, para avaliar como estas mudanças antrópicas afetam a produção e as estruturas morfo-agronômicas dos frutos e sementes, ou sua reprodução avaliada na emergência. Como estas mudanças podem afetar a produção e a seleção de futuras matrizes promissoras em *O. bacaba*. Assim, a variabilidade observada nos caracteres estudados indicaria as possibilidades de realizar a seleção de futuras matrizes promissoras, como a pesquisa realizada na seleção de matrizes que apresentavam características desejáveis de frutos desenvolvidos em *Euterpe oleracea* (Oliveira; Mochiutti; Neto, 2012).

Considerando as características mais semelhantes entre as 10 plantas mães de *O. bacaba*, a análise de agrupamento hierárquico aglomerativo indica uma preservação nas distâncias apresentadas no dendrograma, o que significa que não existe distorção do dendrograma em relação à similaridade real entre cada par de plantas mães amostradas (Sokal & Rohlf, 1962). A reamostragem de bootstrap (Bp) confirma o número de grupos (Shimodaira, 2002), e as probabilidades (p-valor) de Aproximação Imparcial (Au) confirmam significativamente que eles realmente são unidades muito semelhantes (Suzuki & Shimodaira, 2006).

Pelos resultados obtidos podemos afirmar que os dez indivíduos analisados formam um padrão de similaridade. Permitindo observar a divergência entre estas plantas amostradas, informações importantes que ajudam na compreensão destes aspectos que se apresentam e interagem no crescimento e desempenho das plantas. Observar estas análises permitiu o agrupamento de genótipos de acordo com as semelhanças dos valores observados para os diferentes caracteres avaliados. Quando esses genótipos provêm de diferentes populações, é possível avaliar se os grupos coincidem com as populações e, conseqüentemente, inferir sobre a distribuição da variabilidade genética entre e dentro dessas populações (Santos *et al.*, 2018).

A bacaba é uma espécie nativa ainda em estágio incipiente de domesticação e com reduzido nível de exploração agrícola, o que confere elevada relevância aos resultados obtidos neste estudo. As informações geradas contribuem diretamente para subsidiar estratégias iniciais de domesticação e para o avanço das pesquisas em melhoramento genético de *Oenocarpus bacaba*. A variabilidade fenotípica observada indica a viabilidade da aplicação de métodos seletivos, como a seleção massal, a qual pode ser considerada eficiente por sua simplicidade metodológica, facilidade de execução e baixo custo operacional (Borem, 1999). Alternativamente, a seleção individual de plantas associada a testes de progênies, especialmente quando integrada a abordagens de seleção participativa, também se apresenta





como uma estratégia promissora para a condução de programas de melhoramento da espécie (Lopes *et al.*, 2012).

Conclusão

A população amostrada apresenta variabilidade fenotípica para características de cacho e de fruto o que indica que é possível realizar a seleção de plantas com maior produção de frutos e de polpa, que é o principal produto comercial da espécie.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) – Edital nº. 16/2020 - PROCAD- SPCF, Processo Número: 88881.516217/2020-01 e Edital nº 16/2022 - Programa de Desenvolvimento da Pós-Graduação (CAPES-PDPG) Pós-doutorado Estratégico, Processo número: 88887.692247/2022-00. Os autores também desejam agradecer ao CNPq por fornecer a bolsa de produtividade em pesquisa que permitiu completar esta pesquisa: Santiago Linorio Ferreyra Ramos (Processo no. 305280/2022-8); Carlos Henrique Salvino Gadelha Meneses (Processo no. 306943/2025-5); Ricardo Lopes (Processo no. 308815/2023-8) e Maria Teresa Gomes Lopes (Processo no. 306943/2025-5).

Referências

- Abadio Finco, F. D. B., Kloss L., & Graeve, L. (2016). Bacaba (*Oenocarpus bacaba*) phenolic extract induces apoptosis in the MCF-7 breast cancer cell line via the mitochondria-dependent pathway. *Official Journal of the Society of Nutrition and Food Science*, 5(1), 5-15. <https://doi.org/10.1016/j.nfs.2016.11.001>
- Borcard, D., Gillet, F., & Legendre, P. (2018). *Exploratory data analysis in numerical ecology with R* (2nd ed.). Springer.
- Borém, A. (1999). *Melhoramento de plantas* (2. ed.). Universidade Federal de Viçosa.
- Brasil. (2009). *Regras para análise de sementes*. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.
- Clement, C. R. (1999). 1492 and the loss of Amazonian crop genetic resources. I. The relation between domestication and human population decline. *Economic Botany*, 53(2), 188-202. <https://doi.org/10.1007/BF02866498>
- Cymerys, M. (2005). Bacaba (*Oenocarpus bacaba* Mart.). In: Shanley, P., & Medina, G.





- (Orgs.). *Frutíferas e plantas úteis na vida amazônica*. Universidade Federal de Viçosa, pp. 177-180.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (1987). *Especies forestales productoras de frutas y otros alimentos*. FAO. Disponível em: <https://www.fao.org/4/an785s/an785s00.pdf> Acesso em: 31 de outubro de 2013
- Jolliffe, I. T. (1972). Discarding variables in a principal component analysis. I. Artificial data. *Journal of the Royal Statistical Society Series C: Applied Statistics*, 21(2), 160-173. <https://doi.org/10.2307/2346488>
- Lopes, M. T. G., Macedo, J. L. V. de, Lopes, R., Leeuwen, J. van, Ramos, S. L. F., & Bernardes, L. G. (2012). Domestication and breeding of the tucum palm. In: Borém, A., Lopes, M. T. G., Clement, C. R., & Noda, H. (Orgs.). *Domestication and breeding of Amazonian species* (v. 1, pp. 421-436). Universidade Federal de Viçosa; Suprema Editora.
- Lorenzi, H. (2020). *Oenocarpus* in Flora do Brasil 2020. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. (<https://floradobrasil2020.jbrj.gov.br/FB22174>). Acesso em: 23 set. 2020.
- Manly, B. F. J. (2008). *Métodos estatísticos multivariados: uma introdução* (3. ed.). Bookman.
- Manly, B. F. J. (2004). *Multivariate statistical methods: a primer*. Chapman and Hall/CRC.
- Morato, R. W., & Reia, M. Y. (2014). *Produção sustentável e pós-colheita de frutas em comunidades tradicionais do Amazonas*. IDESAM.
- Noda, H. (2012). *In situ breeding and conservation of Amazonian horticultural species*. In: Borém, A., Lopes, M. T. G., Clement, C. R., & Noda, H. (Eds.). *Domestication and breeding: Amazonian species* (pp. 170-208). Universidade Federal de Viçosa.
- Oksanen, J., Blanchet, F. G., Friendly, M., Kindt, R., Legendre, P., McGlinn, D., Minchin, P. R., O'Hara, R. B., Simpson, G. L., Solymos, P., Stevens, M. H. H., Szoecs, E., & Wagner, H. (2018). *vegan: Community ecology package* (R package, version 2.4-6). Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>. Acesso em: 06 ago. 2019.
- Oliveira, M. D. S. P., Mochiutti, S., & Neto, J. T. D. F. (2012). Domesticação e melhoramento do açaizeiro. In: Borém, A., Lopes, M. T. G., Clement, C. R., & Noda, H. (Orgs.). *Domestication and breeding: Amazonian species* (cap. 11, pp. 209-235). Universidade Federal de Viçosa.
- Oliveira, M. D. S. P., Ferreira, D. F., & Santos, J. B. (2006). Seleção de descritores para caracterização de germoplasma de açaizeiro para produção de frutos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 41(7), 1133-1140. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2006000700009>
- R Core Team. (2021). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing. Disponível em: <http://www.R-project.org/>. Acesso em: 25 jul. 2021.





- Ramos, S. L. F., Dequigiovanni, G., Sebbenn, A. M., Lopes, M. T. G., Kageyama, P. Y. K., Macêdo, J. L. V., Kirst, M., & Veasey, E. (2016). Spatial genetic structure, genetic diversity and pollen dispersal in a harvested population of *Astrocaryum aculeatum* in the Brazilian Amazon. *BMC Genetics*, 17(63), 63-73. <https://doi.org/10.1186/s12863-016-0371-8>
- Ramos, S. L. F., Lopes, M. T. G., Lopes, R., Cunha, R. N. V. D., MACÊDO, J. L.V. D., Contim, L. A. S., Clement, C. R., Rodrigues, D. P., & Bernardes, L. G. (2011). Determination of the mating system of Tucumã palm using microsatellite markers. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 11(2), 181-185. <https://doi.org/10.1590/S1984-70332011000200011>
- Santos, M. F. G., Mamede, R. V. S., Rufino, M. S. M., Brito, E. S., & Alves, R. E. (2015). Amazonian Native Palm Fruits as Sources of Antioxidant Bioactive Compounds. *Antioxidants*, 4(3), 591-602. <https://doi.org/10.3390/antiox4030591>
- Santos, P. H. R. D., Giordani, S. C. O., Soares, B. C., Silva, F. H. L., & Esteves, E. A., Fernandes, J. S. C. (2018). Genetic divergence in populations of *Caryocar brasiliense* Camb. from the physical characteristics of the fruits. *Revista Árvore*, 42, e420116.
- Shimodaira, H. (2002). An approximately unbiased test of phylogenetic tree selection. *Systematic Biology*, 51(3), 492-508. <https://doi.org/10.1080/10635150290069913>
- Sokal, R. R., & Rohlf, F. J. (1962). The Comparison of Dendrograms by Objective Methods. *Taxon*, 11(2), 33-40. <https://doi.org/10.2307/1217208>
- Sousa, N. R., Filho, F. J. D. N., & Souza, A. D. G. C. (2012). Caracterização, avaliação e documentação de recursos genéticos de espécies amazônicas. In: Borém, A., Lopes, M. T. G., Clement, C. R., & Noda, H. (Orgs.). *Domestication and breeding: Amazonian species* (chap. 5, pp. 89-99). Universidade Federal de Viçosa.
- Suzuki, R., & Shimodaira, H. (2006). Pvcust: an R package for assessing the uncertainty in hierarchical clustering. *Bioinformatics*, 22(12), 1540-1542. <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btl117>
- Vencovsky, R., & Barriga, P. (1992). *Genética biométrica no fitomelhoramento*. Sociedade Brasileira de Genética.
- Ward, J. H. (1963). Hierarchical grouping to optimize an objective function. *Journal of the American Statistical Association*, v. 58(301), 236-244. <https://doi.org/10.1080/01621459.1963.10500845>

Received: 12.26.2025

Accepted: 1.19.2026

