

Divergência genética entre acessos de bacabi por caracteres de cacho e frutos

Genetic divergence among palm bacabi accessions by bunch and fruit characteristics

Divergencia genética entre accesiones de palma mapora por caracteres de racimo y frutos

Recebido: 24/01/2026 | Revisado: 30/01/2026 | Aceitado: 31/01/2026 | Publicado: 01/02/2026

Maria Alice Nunes de Oliveira

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-8904-2133>
Universidade Federal Rural da Amazônia, Brasil
E-mail: Mariaalicenunes727@gmail.com

Maria do Socorro Padilha de Oliveira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4753-2018>
Embrapa Amazônia Oriental, Brasil
E-mail: socorro-padilha.oliveira@embrapa.br

Thâmara Moura Lima

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7202-1319>
Universidade Federal Rural da Amazônia, Brasil
E-mail: thamara.lima@ufra.edu.br

Resumo

O bacabi (*Oenocarpus mapora* H. Karst.), uma palmeira amazônica com potencial socioeconômico, é explorado predominantemente por extrativismo. O objetivo deste trabalho foi quantificar a divergência genética entre os acessos de bacabi conservados no Banco Ativo de Germoplasma de *Oenocarpus* spp. (BAG Bacabas) da Embrapa Amazônia Oriental, com base em caracteres relacionados à cachos e frutos. Foram avaliados 14 caracteres morfoagronômicos de cacho e frutos, utilizando análises estatísticas multivariadas como distâncias euclidianas, Tocher, UPGMA, contribuição relativa de caracteres e Análise de Componentes Principais (ACP). Detectou-se notável variabilidade genética. Os caracteres de cacho, como o peso total do cacho (PTC) e o peso de fruto por cacho (PFC), apresentaram correlações majoritariamente positivas e de alta magnitude. Nos frutos, o peso da parte comestível (PPC) revelou forte correlação positiva com o peso de cem frutos (PCF), o diâmetro longitudinal do fruto (DLF) e o peso do fruto (PF), destacando a relevância dessas características para o rendimento de polpa. A identificação de genótipos promissores, como o 32 (alto Rendimento da parte comestível - RPC) e o 2 (maior Diâmetro Transversal do Fruto - DTF), e a compreensão das correlações são cruciais para a seleção e otimização do melhoramento. Conclui-se que o estudo da divergência genética é vital para o desenvolvimento de cultivares de bacaba mais produtivas e com alto rendimento de polpa, facilitando a transição do modelo extrativista para sistemas de cultivo eficientes e fortalecendo a cadeia produtiva dessa espécie amazônica.

Palavras-chave: Melhoramento genético; *Oenocarpus mapora*; Variabilidade; Recursos genéticos; Palmeira amazônica.

Abstract

The palm bacabi (*Oenocarpus mapora* H. Karst.), an Amazonian palm with socioeconomic potential, is predominantly exploited through extractivism. The objective of this work was to quantify the genetic divergence among bacaba accessions conserved in the Active Germplasm Bank of *Oenocarpus* spp. (BAG Bacabas) of Embrapa Amazônia Oriental, based on characters related to bunches and fruits. Fourteen morpho-agronomic characters of bunches and fruits were evaluated using multivariate statistical analyses such as Euclidean distances, Tocher, UPGMA, relative character contribution, and Principal Component Analysis (PCA). Remarkable genetic variability was detected. Bunch characters, such as total bunch weight (PTC) and fruit weight per bunch (PFC), showed predominantly positive correlations of high magnitude. In the fruits, the weight of edible portion (PPC) revealed a strong positive correlation with the weight of one hundred fruits (PCF), the longitudinal diameter of the fruit (DLF), and the fruit weight (PF), highlighting the relevance of these characteristics for pulp yield. The identification of promising genotypes, such as 32 (high Yield of Edible Portion - RPC) and 2 (largest Transversal Diameter of the Fruit - DTF), and the understanding of correlations are crucial for selection and optimization of breeding. It is concluded that the study of genetic divergence is vital for the development of more productive palm bacabi cultivars with high pulp yield, facilitating the transition from the extractivist model to efficient cultivation systems and strengthening the production chain of this Amazonian species.

Keywords: Genetic breeding; *Oenocarpus mapora*; Variability; Genetic resources; Amazonian palm.

Resumen

La palma mapora (*Oenocarpus mapora* H. Karst.), una palmera amazónica con potencial socioeconómico, se explota principalmente mediante el extractivismo. El objetivo de este trabajo fue cuantificar la divergencia genética entre accesiones de bacaba conservadas en el Banco de Germoplasma Activo de *Oenocarpus* spp. (BAG Bacabas) de Embrapa Amazônia Oriental, con base en caracteres relacionados a racimos y frutos. Se evaluaron 14 caracteres morfoagronómicos de racimos y frutos, utilizando análisis estadísticos multivariados como distancias euclidianas, Tocher, UPGMA, contribución relativa de caracteres y Análisis de Componentes Principales (ACP). Se detectó una notable variabilidad genética. Los caracteres del racimo, como el peso total del racimo (PTR) y el peso del fruto por racimo (PFR), presentaron correlaciones mayoritariamente positivas y de alta magnitud. En los frutos, el peso de la parte comestible (PPC) reveló una fuerte correlación positiva con el peso de cien frutos (PCF), el diámetro longitudinal del fruto (DLF) y el peso del fruto (PF), lo que destaca la relevancia de estas características para el rendimiento de la pulpa. La identificación de genotipos prometedores, como el 32 (alto rendimiento de la parte comestible - RPC) y el 2 (mayor diámetro transversal del fruto - DTF), y la comprensión de las correlaciones son cruciales para la selección y optimización del mejoramiento. Se concluye que el estudio de la divergencia genética es vital para el desarrollo de cultivares de la palma mapora más productivos y con alto rendimiento de pulpa, lo que facilita la transición del modelo extractivista a sistemas de cultivo eficientes y fortalece la cadena productiva de esta especie amazónica.

Palabras clave: Mejoramiento genético; *Oenocarpus mapora*; Variabilidad; Recursos genéticos; Palmera amazónica.

1. Introdução

A Amazônia, um dos maiores biomas do planeta, é conhecida por sua grande biodiversidade e por abrigar diversas espécies de palmeiras tropicais com importância ecológica, econômica e social para as populações locais (Oliveira & Rios, 2019). Dentre elas, destaca-se a *Oenocarpus mapora* H. Karst., conhecida popularmente por bacaby, bacabi, bacabaí, bacabinha, entre outras denominações. Trata-se de uma palmeira nativa amplamente distribuída na Bacia Amazônica, especialmente nos estados do Amazonas e Pará (Queiroz & Bianco, 2009). Os frutos dessa espécie são tradicionalmente utilizados na gastronomia, sobretudo na produção de sucos, vinhos e óleos, valorizados por seu alto teor nutricional e propriedades antioxidantes (Oliveira, 2022). Além disso, a espécie constitui um importante componente da dieta de comunidades rurais e na manutenção da floresta (Maciel, 2022). Apesar de apresentar elevado potencial econômico, grande parte da sua produção ainda é baseada no extrativismo, utilizando métodos que, por vezes, comprometem a sustentabilidade dos recursos e que podem intensificar a erosão da variabilidade genética da espécie (Sousa, 2018). Assim, estudos que contribuam para a ampliação do conhecimento sobre o germoplasma conservado em Bancos e/ou Coleções dessa palmeira tornam-se essenciais, pois promovem avanços no conhecimento da espécie, e fornecem subsídios para programas de melhoramento incluindo abordagens de pesquisas sobre a divergência genética.

A divergência genética refere-se ao grau de dissimilaridade entre indivíduos, populações ou espécies constitui uma ferramenta fundamental no melhoramento de plantas, por representar um indicador-chave da variabilidade genética disponível (Cruz et al., 2004). A avaliação dessa divergência genética em conjuntos de genótipos pode ser conduzida de forma eficiente por meio da caracterização morfológica, aliada à aplicação de técnicas estatísticas multivariadas, as quais permitem quantificação e a interpretação estruturada dos padrões de variação (Oliveira, 2007). Essas abordagens são essenciais para identificar os caracteres com maior contribuição para a variabilidade genética dentro das populações (Oliveira et al., 2006), assim como entre acessos conservados em bancos de germoplasma. Além disso, são estratégias de baixa demanda de mão de obra, capazes de auxiliar na definição de caracteres prioritários para a avaliação e seleção dos acessos mais promissores a serem empregados em programas de melhoramento genético. A estimativa da divergência genética constitui etapa fundamental para o manejo e melhoramento genético de palmeiras, ao permitir a quantificação da dissimilaridade entre genótipos e a identificação da variabilidade disponível para seleção (Sousa, 2017). Nesse contexto, análises estatísticas multivariadas permitem a avaliação simultânea de múltiplos caracteres morfológicos e produtivos, incluindo atributos de cachos e frutos,

possibilitando a identificação de padrões complexos de variação, e a identificação de caracteres altamente informativos para fins de seleção (Teixeira, 2012; Sousa, 2017).

Em coleções de germoplasma de palmeiras, como aquelas que incluem acessos de bacabi, a aplicação dessas abordagens permite quantificar e visualizar a divergência genética, identificar genótipos com características produtivas desejáveis, e detectar grupos de similaridade ou possíveis duplicatas. Além disso, tais análises contribuem para o manejo otimizado das coleções ao destacar os caracteres morfoagronômicos mais discriminantes para a caracterização e o melhoramento genético da espécie (Cruz et al., 2004; Oliveira, 2005). Embora estudos envolvendo divergências genéticas com base em caracteres de cachos e frutos tenham sido reportados para algumas espécies de palmeiras (Sousa, 2017), investigações dessa natureza permanecem escassas ou negligenciadas para o bacabi.

Diante desse cenário, o objetivo deste estudo foi quantificar a divergência genética entre acessos de bacabi conservados no Banco Ativo de Germoplasma de *Oenocarpus spp.* (BAG Bacabas) da Embrapa Amazônia Oriental, com base em caracteres relacionados à cachos e frutos.

2. Metodologia

Realizou-se uma pesquisa parte em campo e parte laboratorial, num estudo de natureza qualitativa e quantitativa (Pereira et al., 2018) sendo que na parte quantitativa fez-se uso de estatística descritiva simples com uso de classe de dados, frequência relativa porcentual e, variância com apoio de análise estatística (Costa Neto & Bekman, 2009).

Área do estudo

O presente estudo utilizou genótipos de bacabi (*Oenocarpus mapora* H. Karst.) conservados no Banco Ativo de Germoplasma de Bacaba (BAG - Bacabas), pertencente à Embrapa Amazônia Oriental e localizado em Belém, Pará (1°27'21"S e 48°30'16", com altitude de 10,8m). A região apresenta clima quente e úmido (Af), segundo a classificação de Köppen, caracterizado por uma estação chuvosa bem definida. Os parâmetros climáticos médios incluem precipitação de 2.834 mm, temperatura de 26 °C e umidade relativa próxima a 90%. Nesse BAG foram avaliados 35 genótipos, representando 20 acessos provenientes de oito diferentes procedências (Tabela 1).

Coleta de dados

A coleta de dados foi realizada por meio da colheita de cachos maduros ao longo de período prolongado, abrangendo os anos de 1998 a 2024. Os cachos foram identificados individualmente e encaminhados ao Laboratório de Fitomelhoramento da Embrapa Amazônia Oriental para processamento e obtenção das variáveis morfoagronômicas. Para a caracterização dos frutos, foram amostrados dez frutos por cacho, considerando-se três cachos por genótipo. Ao todo, foram avaliados 14 caracteres morfoagronômicos, sendo seis relacionados ao cacho e oito de fruto.

Tabela 1 - Identificação dos 35 genótipos de bacabi utilizados no estudo e conservados no Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Amazônia Oriental.

Genótipo	Código Local	Código Alelo	Procedência
1	Bac 5	-	Colares, PA
2	Bac 6	-	Colares, PA
3	Bac 282	00067198-2	Itacoatiara, AM
4	Bac 844	00067201-4	Cruzeiro do Sul, AC

5	Bac 845	00067202-2	Cruzeiro do Sul, AC
6	Bac 871	00067214-7	Cruzeiro do Sul, AC
7	Bac 11001	00109231-1	Barcarena, PA
8	Bac 11002	00109232-9	Barcarena, PA
9	Bac 11003	00109233-7	Abaetetuba, PA
10	Bac 11003	00109233-7	Abaetetuba, PA
11	Bac 11003	00109233-7	Abaetetuba, PA
12	Bac 11004	00109234-5	Abaetetuba, PA
13	Bac 11004	00109234-5	Abaetetuba, PA
14	Bac 11004	00109234-5	Abaetetuba, PA
15	Bac 11004	00109234-5	Abaetetuba, PA
16	Bac 11005	00109235-2	Abaetetuba, PA
17	Bac 11006	00109236-0	Abaetetuba, PA
18	Bac 11006	00109236-0	Abaetetuba, PA
19	Bac 11006	00109236-0	Abaetetuba, PA
20	Bac 11007	00109237-8	Abaetetuba, PA
21	Bac 11007	00109237-8	Abaetetuba, PA
22	Bac 11007	00109237-8	Abaetetuba, PA
23	Bac 11007	00109237-8	Abaetetuba, PA
24	Bac 11007	00109237-8	Abaetetuba, PA
25	Bac 11008	00109238-6	Abaetetuba, PA
26	Bac 11009	00109239-4	Abaetetuba, PA
27	Bac 11012	00109242-8	Abaetetuba, PA
28	Bac 11012	00109242-8	Abaetetuba, PA
29	Bac 11014	00109244-4	Anajás, PA
30	Bac 11016	00109246-9	Belém, PA
31	Bac 11016	00109246-9	Belém, PA
32	Bac 51001	00109295-6	Sto. Anto. do Tauá, PA
33	Bac 51001	00109295-6	Sto. Anto. do Tauá, PA
34	Bac 51001	00109295-6	Sto. Anto. do Tauá, PA
35	Bac 71001	00109343-4	Sto. Anto. do Tauá, PA

Fonte: Autoria própria.

A avaliação dos seis caracteres de cacho foi conduzida no laboratório, iniciando-se com a separação física das estruturas que compõem os cachos (ráquis e ráquилас). Após essa etapa procedeu-se à mensuração dos caracteres (Figura 1), que incluíram Peso Total do Cacho (PTC) e Peso de Frutos por Cacho (PFC), ambos expressos em quilogramas e determinados por meio de balança tipo prato com capacidade para 40 kg; Número de Ráquилас por Cacho (NRC), em unidades; Comprimento da Ráquis do Cacho (CRC), em centímetros, medido com fita métrica; e Peso de 100 Frutos em gramas, determinado em balança de precisão (Bel linha SSR-S 600). O Rendimento de Frutos por Cacho (RFC) foi calculado pela razão entre PFC e PTC, multiplicada por 100.

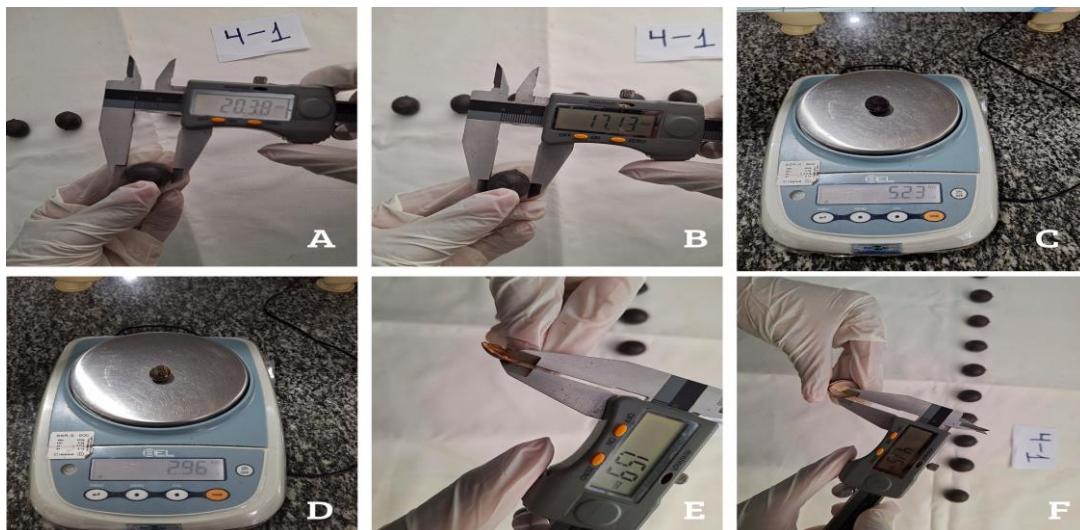
Figura 1 – Mensuração dos cinco caracteres de cacho em genótipos de bacabi (*O. mapora*) conservados no Banco de Bacaba da Embrapa Amazônia Oriental.



Fonte: Acervo dos Autores.

Para os oito caracteres de frutos (Figura 2), mensurados a partir da amostra aleatória de dez frutos por cacho, foram avaliados o Diâmetro Longitudinal do Fruto (DLF) e o Diâmetro Transversal do Fruto (DTF) em (mm), usando paquímetro Digimess 300 mm; o Peso do Fruto (PF), o Peso da Parte Comestível (PPC) (casca + polpa), e o Peso da Semente (OS), mensurados individualmente em balança de precisão (Marca Bel linha SSR-S 600) e expressos em gramas. As mensurações de espessura incluíram a Espessura da Parte Comestível (EPC) e a Espessura da Amêndoia (EA) ambas em mm. Por fim, o Rendimento da Parte Comestível (RPC), foi calculado pela razão entre PPC e PF, multiplicado por 100.

Figura 2 – Mensuração dos sete caracteres de frutos em genótipos de bacabi (*O. mapora*) conservados no Banco de Bacaba da Embrapa Amazônia Oriental.



Fonte: Acervo dos Autores.

Análise dos dados

Os dados foram inicialmente organizados em planilha eletrônica (Excel 2016) e, posteriormente, submetidos a análises estatísticas multivariadas utilizando o software Genes. As médias para cada caráter foram estimadas para todos os genótipos avaliados. Para quantificar a dissimilaridade genética, calcularam-se as distâncias euclidianas médias com base nos dados padronizados, procedimento essencial para mitigar efeitos de escala e a ausência de delineamento experimental formal no BAG (Cruz et al., 2004; Sousa, 2018). A matriz de dissimilaridade obtida foi utilizada para gerar agrupamentos por dois métodos, adotados de forma complementar e comparativa. O método hierárquico UPGMA (*Unweighted Pair Group Method using Arithmetic Averages*), permitiu a organização dos genótipos em dendrograma, refletindo seus padrões de similaridade. Paralelamente, aplicou-se o método não hierárquico de otimização de Tocher, que inicia o agrupamento a partir do par de indivíduos mais semelhantes e incorpora novos genótipos com base no critério de que a distância média intragrupo deve ser inferior a distância média intergrupo (Cruz et al., 2020; Sousa, 2018).

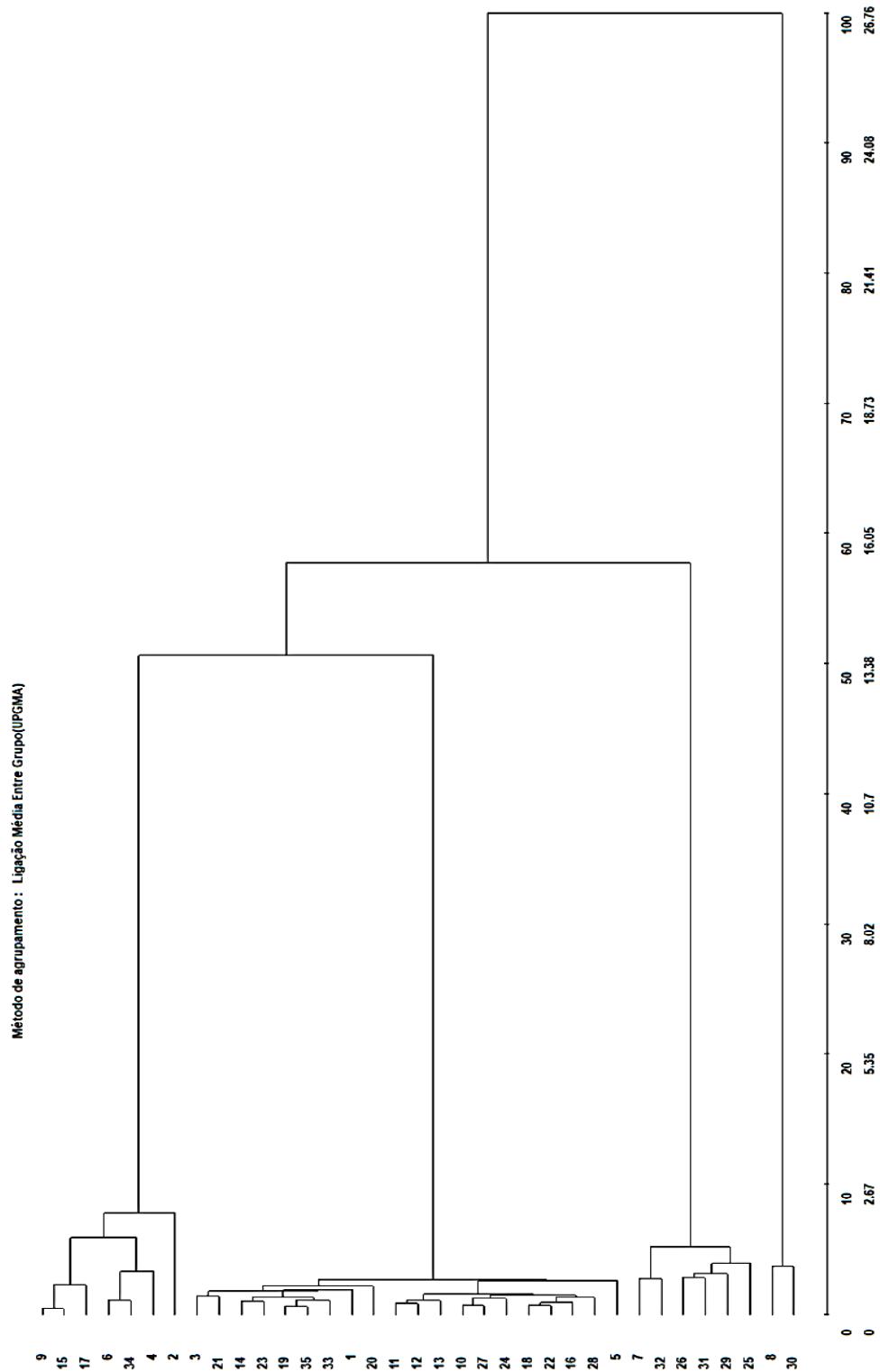
A contribuição relativa de cada caráter para a divergência genética foi estimada pelo método de Singh (1981), fundamentado na distância generalizada de Mahalanobis. Adicionalmente, realizou-se a Análise de Variáveis Canônicas (AVC) para reduzir a dimensionalidade dos dados, sintetizando o conjunto de caracteres em poucas variáveis independentes capazes de reter a maior proporção possível da variação genética (Cruz et al., 2020). De forma complementar, conduziu-se à Análise de Componentes Principais (ACP), estimando a autovalores e autovetores para identificar os caracteres com maior contribuição para a variabilidade total. Considerou-se que a variabilidade foi adequadamente explicada quando os primeiros componentes principais obtiveram mais de 80% da variação total (Sousa, 2018).

3. Resultados e Discussão

As distâncias estimadas a partir dos 14 caracteres relacionados aos caracteres de cachos e frutos, evidenciaram a estruturação da diversidade genética entre os 35 genótipos de bacabi, resultando na formação de dois grupos distintos (Figura 3). O grupo I concentrou a maior parte dos genótipos (n=33), correspondendo a 94,24% do total, enquanto o grupo II reuniu apenas dois genótipos (8 e 30), equivalentes a 5,71%, provenientes de Barcarena/PA e Belém/PA, respectivamente. No grupo I, identificaram-se três subgrupos bem definidos. O primeiro incluiu sete genótipos (9, 15, 17, 6, 34, 4 e 2), distribuídos entre diferentes procedências e apresentando elevada divergência entre si. O segundo subgrupo, de estrutura mais complexa, reuniu os genótipos 3, 21, 14, 23, 19, 35, 33, 1 e 20, abrangendo materiais oriundos de Itacoarati (AM), Abaetetuba (PA) e Santo Antônio do Tauá (PA). A esse subgrupo também se associaram os genótipos 11, 12, 13, 10, 27, 24, 18, 22, 16 e 28, todos provenientes de Abaetetuba (PA), além do genótipo 5, originário de Cruzeiro do Sul (AC). O terceiro subgrupo reuniu genótipos mais divergentes (7, 32, 26, 31, 29 e 25), representando múltiplas procedências, incluindo (PA), Abaetetuba (PA), Barcarena (PA) e Santo Antônio do Tauá (PA).

As distâncias evidenciaram uma diversidade genética estruturada entre os genótipos de bacabi, com a maioria concentrada em um grupo amplo e relativamente homogêneo, possivelmente influenciado por fluxo gênico regional e pressões seletivas similares (Hamrick & Godt, 1996; Nybom, 2004), enquanto dois genótipos formaram um grupo isolado, indicando diferenciação acentuada, padrão também observado em palmeiras amazônicas (Ramos et al., 2019; Lanes et al., 2022). Mendes et al. (2019) obtiveram a formação de três grupos pelo mesmo método ao estudarem somente caracteres de frutos em 15 indivíduos de uma população de *O. distichus*. Isso demonstra que pode ser padrão para as espécies de bacaba, a formação de reduzidos grupos, necessitando de mais estudos para confirmação.

Figura 3 – Dendrograma gerado pelo método UPGMA com base nas distâncias Euclidianas médias padronizadas, entre os 35 genótipos de bacabi (*O. mapora*) pela avaliação de 14 caracteres envolvendo cacho e frutos.



Fonte: Autoria própria.

A subdivisão interna do grupo principal (Grupo I) revelou tanto subgrupos altamente divergentes, associados às múltiplas procedências, quanto subgrupos mais homogêneos, refletindo provável origem comum ou seleção local (Clement et al., 2010). No conjunto, esses resultados demonstram variabilidade significativa e organizada na espécie, destacando genótipos divergentes como potenciais fontes estratégicas para conservação e melhoramento, conforme proposto para outras palmeiras neotropicais (Gomes et al., 2021). Esses resultados revelam considerável divergência entre os 35 genótipos avaliados desse BAG. A variabilidade entre os genótipos é importante para o estabelecimento de futuros cruzamentos, que almejam a exploração do vigor híbrido (efeito heterótico).

A análise de agrupamento pelo método de Tocher, utilizando as mesmas distâncias Euclidianas médias padronizadas também evidenciou a formação de dois grupos distintos, porém com composição diferente daquela observada no agrupamento hierárquico (Tabela 2). O Grupo I reuniu a quase totalidade dos genótipos (n=34), refletindo elevada similaridade entre eles e sugerindo e sugerindo um conjunto relativamente homogêneo em termos dos caracteres avaliados. Em contraste, o Grupo II foi formado exclusivamente pelo genótipo 2, oriundo de Colares (PA), o qual se destacou como o material mais divergente do conjunto analisado. Essa distinção acentuada indica que o genótipo 2 representa um recurso genético valioso para programas de melhoramento e estratégias de conservação, por ser uma potencial fonte de variabilidade genética única.

Resultados semelhantes foram reportados por Sousa et al. (2018), que também observaram a formação de dois grupos geneticamente distintos ao analisar genótipos de bacaba-de-leque (*O. distichus*), pertencente ao mesmo BAG. Assim como no presente estudo, esses autores identificaram um segundo grupo composto por apenas um genótipo, o qual foi interpretado como o principal responsável pela divergência genética observada. Tal padrão reforça a interpretação de que genótipos isolados em agrupamentos multivariados podem representar materiais altamente diferenciados e, portanto, constituem recursos estratégicos para conservação e para o incremento da variabilidade em programas de melhoramento genético. A expressiva variabilidade genética observada para os caracteres de cacho e frutos neste estudo corrobora os achados de Perdigão e Oliveira (2025), que ao avaliarem componentes de inflorescência na mesma base genética de bacabi, também identificaram divergência significativa entre os acessos. Enquanto este trabalho destaca a importância do peso do cacho e do rendimento de polpa para a seleção de genótipos superiores (OLIVEIRA et al., 2024), a análise das estruturas florais indica que variáveis como o número de ráquилас e flores também contribuem para a diferenciação dos grupos, sugerindo que a divergência se manifesta de forma integrada em diferentes estádios reprodutivos da palmeira *Oenocarpus mapora*.

Tabela 2 - Grupos formados pelo método de Tocher, com base nas distâncias Euclidianas médias padronizadas, entre os 35 genótipos de bacabi (*O. mapora*) pela avaliação de 14 caracteres envolvendo cacho e frutos.

Grupos	Genótipos
I	9 15 17 11 12 27 18 22 16 24 10 28 23 13 14 19 35 20 21 33 1 3 32 7 6 34 4 25 29 26 31 8 30
II	2

Fonte: Autoria própria.

A Tabela 3 apresenta as contribuições relativas dos quatorze caracteres avaliados para a divergência entre os genótipos. O diâmetro transversal do fruto (DTF) foi o caráter de maior influência, respondendo por 21,61% da divergência total. Em seguida, destacaram-se o rendimento da parte comestível (RPC), diâmetro longitudinal do fruto (DLF) e peso de cem frutos (PCF) com 7,54%, 7,51% e 7,31%, respectivamente. Em conjunto os caracteres relacionados aos frutos representam 43,97 % da variabilidade detectada, evidenciando seu papel central na diferenciação dos genótipos e sua relevância para

avaliações direcionadas ao melhoramento dessa palmeira. Por outro lado, o peso da semente (PS) apresentou a menor contribuição (3,46%), indicando baixa eficiência como variável discriminante e potencial limitação para fins de seleção.

Resultados semelhantes foram observados por Oliveira et al. (2019) em *O. distichus*, que também reportaram forte influência do PCF na divergência genética, porém com magnitude superior. Contudo, na literatura não se tem resultados semelhantes indicando DTF como sendo a variável que mais contribui, diferentemente desse estudo. Maciel et al. (2022) destacaram o peso de cem frutos (PCF) como caráter crucial para o mercado de polpa de bacaba, que é semelhante com ao açaí, preferindo frutos pequenos pela maior quantidade por cacho e, consequente, rendimento de polpa, e que este caráter se correlaciona significativamente com o tamanho dos frutos. A análise dos componentes principais revelou que a variação se distribuiu de forma difusa entre os 14 caracteres avaliados. Os dois primeiros componentes explicaram conjuntamente 59,43 % da variabilidade total, indicando que quase 60% da variação total foi retida nesses eixos (Tabela 4). A maior parte da variação acumulou-se até o quinto componente, totalizando 88,26%, enquanto os dez primeiros componentes concentraram aproximadamente a 99% da variância. A divergência genética identificada entre os acessos de bacabi por meio de caracteres de cacho e frutos assemelha-se aos resultados observados por Fernandes et al. (2026) em populações de *Oenocarpus bacaba* no Amazonas. Ambos os estudos ressaltam que as características físicas dos frutos são eficientes na detecção de variabilidade, evidenciando que, assim como na bacaba, os caracteres de rendimento e biometria de frutos em bacabi apresentam potencial para a distinção de genótipos superiores e para o direcionamento de estratégias de conservação e melhoramento genético (Fernandes et al., 2026).

Tabela 3 - Contribuição relativa dos 14 caracteres envolvendo medidas de cacho e de frutos para a divergência (SINGH, 1981) entre os 35 genótipos de bacabi (*O. mapora*).

Caracteres	s.j	Contribuição relativa (%)
Peso total do cacho – PTC (kg)	13741484,93	5,77
Peso de frutos por cacho - PFC (kg)	9994297,72	4,20
Rendimento de frutos por cacho - RFC (%)	17237484,71	7,24
Nº de ráquinas por cacho - NRC (Nº)	14519065,23	6,10
Comprimento da ráque do cacho - CRC (cm)	15124914,93	6,35
Peso de cem frutos - PCF (g)	17407164,27	7,31
Diâmetro longitudinal do fruto - DLF (mm)	17894826,22	7,51
Diâmetro transversal do fruto - DTF (mm)	51467298,44	21,61
Peso de fruto - PF (g)	11808754,55	4,96
Peso da parte comestível - PPC (g)	16259731,63	6,83
Rendimento da parte comestível - RPC (%)	17963423,82	7,54
Peso da semente - PS (g)	82311046,13	3,46
Espessura da parte comestível - EPC (mm)	13141175,35	5,52
Espessura da amêndoas - EA (mm)	13345829,87	5,60

Fonte: Autoria própria.

De acordo com o critério proposto por Jollife (1972), reforçado por Corella (2022), caracteres associados a componentes principais com autovalores inferiores a 0,7 devem ser descartados. Com base nesse critério, apenas os caracteres que contribuíram com os cinco primeiros componentes principais podem ser considerados mais informativos para discriminar genótipos avaliados. A redução do número de caracteres é estratégica, pois prioriza caracteres mais representativos, diminui

custos operacionais e otimiza o uso dos recursos, além de fornecer subsídios para o delineamento de futuras coletas e avaliação da espécie (Maciel, 2022).

Tabela 4 - Estimativas dos autovalores associados aos componentes principais e suas variâncias relativas e acumuladas obtidas de 14 caracteres envolvendo medidas de cacho e de frutos avaliados em 35 genótipos de bacaba (*O. mapora*).

Componente principal	Autovalores	Variância relativa (%)	Variância acumulada (%)
CP1	5,4160	38,69	38,69
CP2	2,9033	20,74	59,43
CP3	1,9290	13,78	73,21
CP4	1,1085	7,92	81,13
CP5	0,9978	7,13	88,26
CP6	0,4707	3,36	91,62
CP7	0,4219	3,01	94,63
CP8	0,3054	2,18	96,81
CP9	0,2090	1,49	98,30
CP10	0,0988	0,70	99,00
CP11	0,0840	0,60	99,60
CP12	0,0412	0,29	99,89
CP13	0,0105	0,08	99,97
CP14	0,0039	0,03	100,00

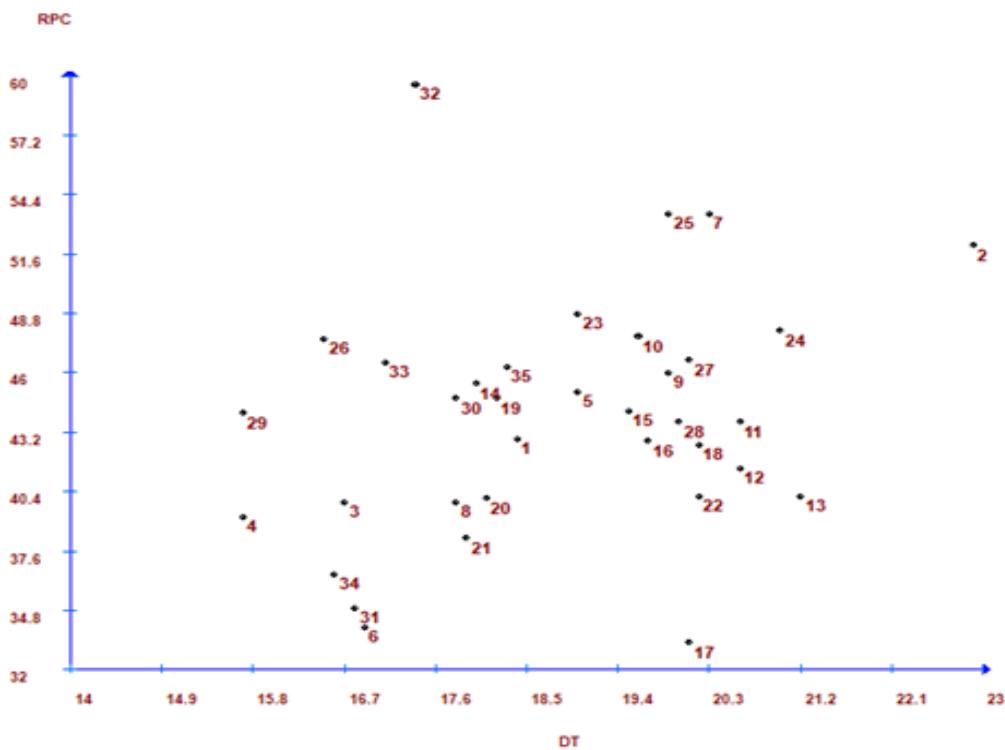
Fonte: Autoria própria.

Resultados semelhantes foram observados por Sousa e Oliveira (2017) em 148 genótipos de açaizeiro tipo branco para 29 caracteres morfoagronômicos, onde constataram que os dois primeiros componentes principais explicaram 48,23% da variação total (Oliveira et al., 2019), ou seja, bem menor do que a taxa encontrada neste estudo. Pereira et al. (1992) ressaltaram que a distribuição da variabilidade entre os componentes principais é influenciada pelo número e tipo de caracteres utilizados (ex. morfoagronômicos), bem como por genótipos avaliados, o que pode justificar as diferenças observadas entre os estudos (Oliveira et al., 2019).

Na dispersão gráfica, a distribuição dos pontos com base nos eixos rendimento de polpa por cacho (RPC) e diâmetro transversal do fruto (DTF), os caracteres que mais contribuíram para a divergência, revelou uma considerável variabilidade entre os genótipos em relação a essas duas características (Figura 4). Destacando-se genótipos como o 32, com o maior RPC e com uma variação acima de 59%, e o 2, com o maior DTF, aproximadamente 23% de variação, sugerindo que esses genótipos sejam potenciais genitores para programas de melhoramento dessa espécie. Outros genótipos que se destacaram dos demais para rendimento da parte comestível foram o 25 e o 7. Essa dispersão gráfica sugere que o diâmetro do fruto nem sempre se correlaciona diretamente com o rendimento da polpa e que a seleção para um caráter não necessariamente implica em ganhos proporcionais no outro, indicando complexidade na interação genética desses atributos. A visualização desses dados é crucial para a identificação de genótipos promissores e para o planejamento de estratégias de melhoramento genético que visem a combinação de características desejáveis. Ivani (2010) ao avaliar 17 caracteres morfológicos em três populações de *O. bacaba* do Amapá sugeriu o descarte de dez deles, incluindo o diâmetro do fruto. Em contraste, os resultados deste estudo indicam que o diâmetro transversal do fruto constitui um dos caracteres mais informativos para estimar a divergência genética, destacando sua utilidade na estimativa da divergência.

Esses resultados sugerem que com base na complexidade da interação genética observada e na consideração de Ivani (2010) sobre o descarte de caracteres menos informativos (diâmetro do fruto em relação ao rendimento de polpa), em futuros estudos e programas de melhoramento, devem concentrar-se em um conjunto mais restrito e preciso de caracteres-chave. Nesse contexto, a priorização do rendimento de polpa, por seu maior valor comercial e capacidade de discriminação entre genótipos, mostra-se mais estratégica do que a ênfase exclusiva em medidas de tamanho do fruto.

Figura 4- Dispersão gráfica 2D dos 35 genótipos de bacabi (*O. mapora*) com base nos dois caracteres de maior contribuição para a divergência.



Fonte: Autoria própria.

As correlações simples entre os 14 caracteres morfoagronômicos são apresentadas na Tabela 5. Observou-se que os seis caracteres de cachos apresentaram associações em sua maioria positiva e de alta magnitude entre si e com a maioria dos caracteres, com destaque para os caracteres PFC x PTC ($r= 0,95$), CRC x PTC ($r= 0,86$), CRC x NRC ($r= 0,89$), com correlações variando de forte a muito forte, conforme Shimakura e Ribeiro Junior (2006). Em contrapartida as associações entre os caracteres RFC x PTC ($r= -0,04$), NRC x RFC ($r= -0,26$) e CRC x RFC ($r= -0,19$) expressaram correlações negativas e quase nulas. Em estudos envolvendo esses mesmos caracteres em açaizeiro, Teixeira et al. (2012) identificaram que o número de cachos, o peso de frutos por cacho e o número de ráquилас por cacho exerceram um grande impacto na produção de frutos.

No caso dos caracteres de frutos, esses apresentaram relação negativa e de baixa magnitude com a maioria dos caracteres, exceto PPC que obteve correlação positiva forte e muito forte com PCF ($r= 0,77$), DLF ($r= 0,72$), DTF ($r= 0,77$) e PF ($r= 0,95$). Sousa et al. (2018) obtiveram resultado semelhante quando avaliaram genótipos de uma população de *O. distichus* no que se refere aos caracteres de frutos, observando uma relação positiva e de alta magnitude entre si, destacando o Peso do Fruto (PF), que apresentou correlações fortes e positivas com o Peso da Polpa Comestível ($r=0,94$) e o Diâmetro Longitudinal do Fruto ($r=0,75$). Sugere-se, portanto, que programas de melhoramento genético da espécie (*O. mapora*) se concentrem na seleção de genótipos que apresentem alta performance nesses caracteres correlacionados, visando não apenas ao

aumento da produção de frutos, mas também à melhoria da qualidade e do rendimento da polpa, o que é de grande interesse econômico para a cadeia produtiva da espécie. A utilização dessas correlações pode otimizar os processos de seleção e acelerar o desenvolvimento de cultivares mais produtivas e adaptadas.

Tabela 5- Coeficientes de correlação fenotípica entre os 14 caracteres avaliados nos 35 genótipos de bacabi (*O. mapora*).

Caracteres avaliados	PTC	PFC	RFC	NRC	CRC	PCF	DLF	DTF	PF	PPC	RPC	PS	EPC	EA
PTC	1,0													
PFC	0,95	1,0												
RFC	-0,04	0,19	1,0											
NRC	0,76	0,65	-0,26	1,0										
CRC	0,86	0,80	-0,19	0,89	1,0									
PCF	-0,13	-0,18	-0,28	-0,25	-0,20	1,0								
DLF	-0,02	-0,04	-0,14	-0,18	-0,05	0,54	1,0							
DTF	-0,29	-0,29	-0,10	-0,56	-0,37	0,64	0,72	1,0						
PF	-0,40	-0,36	-0,19	-0,46	-0,39	0,66	0,66	0,75	1,0					
PPC	-0,37	-0,36	-0,26	-0,41	-0,35	0,77	0,72	0,77	0,95	1,0				
RPC	-0,01	-0,12	-0,23	-0,03	0,01	0,36	0,33	0,28	-0,03	0,25	1,0			
PS	-0,24	-0,22	-0,06	-0,31	-0,26	0,10	0,21	0,25	0,31	0,23	-0,16	1,0		
EPC	0,05	0,05	-0,12	-0,15	0,00	0,30	0,57	0,57	0,47	0,50	0,28	0,63	1,0	
EA	-0,03	0,11	0,35	-0,22	-0,22	-0,23	-0,07	0,00	0,21	0,05	-0,49	0,26	0,15	1,0

PTC: Peso total do cacho; PFC: Peso de frutos por cacho; RFC: Rendimento de frutos por cacho; NRC: Número de ráquinas por cacho; CRC: Comprimento da raque do cacho; PCF: Peso de cem frutos; DLF: Diâmetro longitudinal do fruto; DTF: Diâmetro transversal do fruto; PF: Peso do fruto; PPC: Peso da parte comestível; RPC: Rendimento da parte comestível; PS: Peso da semente; EPC: Espessura da parte comestível; EA: espessura da amêndoia. Fonte: Autoria própria.

4. Conclusões

Os genótipos de bacabi conservados no Banco Ativo de Germoplasma (BAG Bacabas) da Embrapa Amazônia Oriental, mostram-se divergentes para os caracteres de cacho e frutos avaliados, além de revelar considerável variabilidade genética entre os acessos.

A maioria dos caracteres apresenta associações positivas e de alta magnitude, indicando que a seleção para um desses atributos pode levar a ganhos simultâneos em outros de interesse agronômico. Enquanto para os de frutos, o peso da parte comestível (PPC) mostra-se como o mais interessante.

Recomenda-se que estudos futuros integrem análises moleculares às avaliações morfoagronômicas, a fim de validar a estrutura genética identificada e ampliar o entendimento da variabilidade existente em *Oenocarpus mapora* Mart. Além disso, avaliações multissazonais, estimativas de parâmetros genéticos, como herdabilidade e ganhos de seleção, essenciais para o progresso dos programas de melhoramento. Ademais, estudos comparativos com outras espécies do gênero e a seleção inicial de genótipos superiores para testes em campo podem apoiar estratégias mais eficientes para a conservação, domesticação e uso sustentável dessa palmeira.

Referências

- Bronze, A. B. da S., Mota, M. G. da C., Oliveira, M. do S. P. de., Redig, M. do S. F., Duarte, E. B., & Rodrigues, A. E. (2011). *Análise de crescimento de progénies da bacabi (Oenocarpus mapora Kasten) em sistemas agroflorestais*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 8. Belém, PA. Anais... Belém, PA : SBSAF : Embrapa Amazônia Oriental: UFRA : CEPLAC : EMATER : ICRAF, 2011. 1 CD-ROM. Editores técnicos: Roberto Porro, Milton Kanashiro, Maria do Socorro Gonçalves Ferreira, Leila Sobral Sampaio e Gladys Ferreira de Sousa.

- Costa Neto, P. L. O. & Bekman, O. R. (2009). *Análise estatística da decisão*. (2ed). Editora Blucher.
- Corella, D. L. B. (2022). *Pré-melhoramento da palmeira macaúba: caracterização fenotípica e diversidade genética de acessos conservados em banco de germoplasma*. 2022. 193 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- Cruz, C. D., Ferreira, F. M., & Pessoni, L. A. (2020). *Biometria aplicada ao estudo da diversidade genética*. 2. ed. Viçosa: Suprema.
- Cruz, C. D., Regazzi, A. J., & Carneiro, P. C. S. (2004). *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético*. Viçosa, MG: UFV, v. 1, 480 p.
- Cymerys, M. (2004). Bacaba. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (Embrapa Amazônia Oriental). *Frutíferas e Plantas Úteis na Vida Amazônica*. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental. p. 183-186.
- Fernandes, S. H. F., Reis, D. N., Silva, R. B., Tomaz, J. S., Bezerra, C. S., Lopes, M. T. G., Lopes, R., Meneses, C. H. S. G., Matiello, R. R., & Ramos, S. L. F. (2026). Genetic divergence in *Oenocarpus bacaba* Mart. based on fruit characteristics in Itacoatiara, Amazonas. *Revista de Gestão e Secretariado*, 17(1). <http://doi.org/10.7769/gesec.v17i1.5528>.
- Ivani, S. de A. (2010). *Caracteres quantitativos de interesse para a determinação da variação genética em populações de Oenocarpus bacaba Mart. (Arecaceae) no Amapá*. 51 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2010.
- Maciel, A. R. N. A. (2022). *Diversidade genética em bacabeiras (Oenocarpus bacaba Mart. e Oenocarpus distichus Mart.) de diferentes procedências do Estado do Pará com base em caracteres morfoagronômicos*. 75 f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia Aplicada à Agropecuária) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, PA. Orientadora: Maria do Socorro Padilha de Oliveira, Embrapa Amazônia Oriental.
- Maciel, A. R. N. A. & Oliveira, M. do S. P. de. (2017). *Divergência genética entre genótipos de bacabi conservados no banco de germoplasma da Embrapa Amazônia Oriental por caracteres da inflorescência*. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL, 21. Belém, PA. Anais... Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2017.
- Maciel, A. R. N. A., Oliveira, M. do S. P. de, Brandão, C. P.; & Mendes, G. G. C. (2015). *Avaliação cachos em genótipos de Oenocarpus mapora karsten*. In: ENCONTRO AMAZÔNICO DE AGRÁRIAS, 7. Belém, PA. Segurança alimentar: diretrizes para Amazônia. Belém, PA: UFRA, 2015. 1 CD-ROM. VII ENAAG.
- Maciel, A. R. N. A., Oliveira, M. do S. P. de, Martorano, L. G., & Nunes, J. A. R. (2022). Variabilidade genética em *Oenocarpus bacaba* Mart. de diferentes procedências do estado do Pará por caracteres morfoagronômicos. *Research, Society and Development*, 11 (4), e35111427418.
- Mendes, G. G. C., Gusmão, M. T. A. de, Martins, T. G. V., Rosado, R. D. S., Alencar Sobrinho, R. S., Nunes, A. C. P., Ribeiro, W. S., & Zanuncio, J. C. (2019). Genetic divergence of native palms of *Oenocarpus distichus* considering biometric fruti variables. *Scientific Reports*, 9 (4943), 1-9.
- Oliveira, M. do S. P. de. (2005). *Caracterização molecular e morfo-agronômica de germoplasma de açaizeiro*. 2005. 171 f. Tese (Doutorado em Agronomia, área de concentração Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- Oliveira, M. do S. P. de, Carvalho, A. V., Domingues, A. F. N., Oliveira, N. P. de, & Cunha, E. F. M. (2022). *Oenocarpus spp.: bacaba*. In: CORADIN, L.; CAMILLO, J.; VIEIRA, I. C. G. (ed.). *Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro: região Norte*. Brasília, DF: MMA. p. 394-412. (Série Biodiversidade, 53).
- Oliveira, M. do S. P. de, Ferreira, D. F., & Santos, J. B. dos. (2007). Divergência genética entre acessos de açaizeiro fundamentada em descritores morfoagronômicos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, 42 (4), 501-506, abr.
- Oliveira, M. do S. P. de, Ferreira, D. F., & Santos, J. B. dos. (2006). Seleção de descritores para caracterização de germoplasma de açaizeiro para produção de frutos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, 41 (7), 1133-1140, jul.
- Oliveira, M. do S. P. de & Rios, S. de A. (2015). *A importância da família Arecaceae para a região Norte*. Periódicos UFAM. Link: <https://periodicos.ufam.edu.br/index.php/educamazonia/article/download/6714/4712/18455>.
- Oliveira, M. do S. P. de & Rios, S. de A. (2014). Potencial econômico de algumas palmeiras nativas da Amazônia. In: ENCONTRO AMAZÔNICO DE AGRÁRIAS, 6. Belém, PA. Atuação das ciências agrárias nos sistemas de produção e alterações ambientais: Anais.... Belém, PA: UFRA, 2014.
- Oliveira, M. do S. P. de, Sousa, T. S., & Brandão, C. P. (2019). *Divergência entre indivíduos de Oenocarpus distichus Mart. (bacaba-de-leque) numa população de Belém, PA, por meio de caracteres morfoagronômicos*. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental. 27 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 136).
- Perdigão, I. L. C., & Oliveira, M. S. P. (2025). Genetic divergence among bacabi genotypes preserved in the Embrapa Amazonia Oriental germoplasm bank by inflorescence. *Research, Society and Development*, 14(10), e175141049826. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v14i10.49826>.
- Pereira, J. D. da S., Alvares, V. de S., Souza, J. M. L. de, & Maciel, V. T. (2019). Armazenamento de óleo de bacaba. In: SEMINÁRIO DA EMBRAPA ACRE DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E PÓS-GRADUAÇÃO, 1., 2018, Rio Branco, AC. Pesquisa e inovação para a Agropecuária no Acre: Anais.... Rio Branco, AC: Embrapa Acre. p. 87-91. Banner. (Embrapa Acre. Eventos técnicos & científicos, 1).
- Pereira, A. S. et al. (2018). *Metodologia da pesquisa científica*. (Free ebook). Santa Maria. Editora da UFSM.
- Pinho, U. M. F. de, Sartori, R. A., & Marques, D. D. (2022). Inibição do escurecimento enzimático e caracterização físico-química do palmito de bacaba. *Revista Científica Conexão na Amazônia*, 3 (1), 23-45.
- Queiroz, M. S. M. & Bianco, R. (2009). Morfologia e desenvolvimento germinativo de *Oenocarpus bacaba* Mart. (Arecaceae) da Amazônia Ocidental. *Revista Árvore*, Viçosa, 33 (6), 1037-1042, dez. Link: <https://www.scielo.br/j/rarv/a/W8MGh9nCT8PjRXzVV5RYxqg/?lang=pt>.

Santos, M. F. G., Alves, R. E., Brito, E. S. de, Silva, S. de M.; & Silveira, M. R. S. da. (2017). Quality characteristics of fruits and oils of palms native to the Brazilian amazon. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, 39 (esp). Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbf/a/FTYsVmGLspgmrbCbkQ9GJ4H/?lang=en>. Acesso em: 21 abr. 2020.

Shitsuka, R. et al. (2014). *Matemática fundamental para tecnologia* (2ed). Editora Érica.

Shimakura, S. E.; & Ribeiro Junior, P. J. (2021). Estatística. Disponível em:<<http://leg.ufpr.br/~paulojus/ce003/ce003/ce003.html>>. Acesso em: 25 ago. 2021.

Sousa, A. M. de; Oliveira, M. do S. P. de, & Farias Neto, J. T. de. (2017). Genetic divergence among white-type acai palm accessions based on morpho-agronomic characters. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, 52 (9). 751-760, set.

Sousa, T. S. (2018). *Diversidade genética entre indivíduos de Oenocarpus distichus Mart. (bacaba-de-leque) de uma população natural de Belém-PA*. 40 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, PA. Orientadora: Dênmora Gomes de Araujo, UFRA; Coorientadora: Maria do Socorro Padilha de Oliveira, Embrapa Amazônia Oriental.

Teixeira, D. H. L., Oliveira, M. S. P. de, Gonçalves, F. M. A., & Nunes, J. A. R. (2012). Correlações genéticas e análise de trilha para componentes da produção de frutos de açaizeiro. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, 34 (4), 1135-1142.