

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROECOLOGIA

EDUARDO MENDONÇA PINHEIRO

**DIVERSIDADE GENÉTICA, COMUNIDADE MICORRÍZICA ASSOCIADA E
QUALIDADE DO MESOCARPO DE POPULAÇÕES DE *Attalea speciosa* Mart. ex.
Spreng NO ESTADO DO MARANHÃO**

São Luís - MA
2023

EDUARDO MENDONÇA PINHEIRO

Engenheiro Agrônomo

**DIVERSIDADE GENÉTICA, COMUNIDADE MICORRÍZICA ASSOCIADA E
QUALIDADE DO MESOCARPO DE POPULAÇÕES DE *Attalea speciosa* Mart. ex.
Spreng NO ESTADO DO MARANHÃO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agroecologia da Universidade Estadual do Maranhão como pré-requisito para obtenção do título de Doutor em Agroecologia.

Orientador: Prof. Dr. José Ribamar Gusmão Araujo

Coorientadora: Prof^ª. Dr^ª. Thais Roseli Corrêa

São Luís – MA
2023

Pinheiro, Eduardo Mendonça.

Diversidade genética, comunidade micorrízica associada e qualidade do mesocarpo de populações de *Attalea speciosa* Mart. ex. Spreng no estado do Maranhão / Eduardo Mendonça Pinheiro. – São Luís, 2023.

102 f

Tese (Doutorado em Agroecologia) – Universidade Estadual do Maranhão, 2023.

Orientador: Prof. Dr. José Ribamar Gusmão Araújo.

Coorientadora: Profa. Dra. Thaís Roseli Corrêa.

1.Herdabilidade. 2.Fungos micorrízicos arbusculares. 3.Solos. 4.Análise centesimal. 5.Babaçu. I. Título.

CDU:633.85-184.7(812.1)

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROECOLOGIA

EDUARDO MENDONÇA PINHEIRO

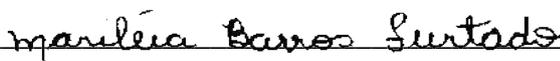
**DIVERSIDADE GENÉTICA, COMUNIDADE MICORRÍZICA ASSOCIADA E
QUALIDADE DO MESOCARPO DE POPULAÇÕES DE *Attalea speciosa* Mart. ex.
Spreng NO ESTADO DO MARANHÃO**

Aprovado em: 07/06/2023

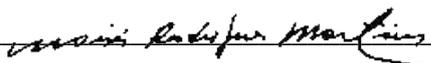
BANCA EXAMINADORA



Prof^o Dr. José Ribamar Gusmão Araujo (Orientador) - UEMA



Prof^a Dr^a. Mariléia Barros Furtado - UFMA



Prof^o Dr. Moisés Rodrigues Martins - UEMA



Prof^o Dr. Edmilson Igor Bernardo Almeida - UFMA

Documento assinado digitalmente
FABRÍCIO DE OLIVEIRA REIS
Data: 07/08/2023 17:18:20-0300
Verifique em <https://validar.itf.gov.br>

Prof^o Dr. Fabrício de Oliveira Reis - UEMA

São Luís - MA

2023

DEDICO

A Deus, minha esposa, meu filho Daniel Nobre, meus pais e familiares.

E ainda que tivesse o dom de profecia, e conhecesse todos os mistérios e toda a ciência, e ainda que tivesse toda a fé, de maneira tal que transportasse os montes, e não tivesse amor, nada seria (...)”

(1 Coríntios 13, Bíblia Sagrada)

Afagar a terra
Conhecer os desejos da terra
Cio da terra, propícia estação
E fecundar o chão

("O Cio da Terra", Chico Buarque e Milton Nascimento)

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à minha esposa, Camila Pinheiro Nobre, pelo amor, conhecimento compartilhado e parceria nos desafios e caminhadas da vida. Meu amor eterno ao meu filho Daniel Nobre Pinheiro, meu garoto e orgulho.

Agradeço à minha família pelo apoio e por toda educação ao longo da minha vida e todo o amor compartilhado sem medida. Do fundo do coração, obrigado!

Ao Prof^o. Dr^o. José Ribamar Gusmão Araujo pela orientação, ensinamentos e paciência e à Dr^a. Thais Roseli Corrêa pela amizade, orientação e colaboração nos trabalhos.

Ao parceiro de luta diária e incentivador para estudar a palmeira de babaçu, Sr. José Jesus Pereira, empresário e inventor, militante de décadas que vive e respira a cadeia produtiva do babaçu, obrigado por todos os ensinamentos.

Às quebradeiras de coco babaçu por representarem a cultura da mulher extrativista do nosso Maranhão. Obrigado pela bênção de poder estudar o babaçu.

Aos amigos e parceiros que fizeram parte direta ou indiretamente no desenvolvimento deste estudo: Natalia (UEMA), Cintia (UEMA), Layla (UEMA), Luis Reis (UEMA), Eduardo (UEMA), Jângulo (UEMA), Prof^a Dr^a Diana (UEMA), Prof Dr. Luiz Hernandez (UEMA), Prof^a Dr^a Valéria Apolinário (UEMA), Prof^a Dr^a Adenilde (UFMA), Zulmira (Viana), Maria Lucia (Viana), Henrique Travassos (Viana), Francivaldo (Coroatá), Povoado de Candiba (Cantanhede), Raimundo Mesquita (Buritirana), Dedeu (Buritirana), Lucinha (Buritirana), Sebastião (SEMAPA), Richarlyson (SEMAPA), Antonio Junior (SEMAPA), Alessandra Pontes (SEMAPA) e Daniela Maximo (SEMAPA).

À Rayanne, pelo apoio incondicional em ajudar todos os alunos do PPGA.

Ao Programa de Pós-Graduação em Agroecologia da UEMA pela oportunidade de desenvolver a pesquisa.

As músicas que se tornaram trilha sonora dessa temporada de estudos e trabalhos.

A todos amigos, colegas e alunos que estiveram na torcida pelo meu doutorado. Obrigado pela energia.

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 1: Introdução Geral e Referencial Teórico

| | |
|---|----|
| Figura 1. Áreas de babaçuais no Brasil..... | 20 |
| Figura 2. Vista da palmeira de babaçu..... | 21 |
| Figura 3. A) inflorescência masculina; B) inflorescência feminina..... | 22 |
| Figura 4. Imagem do coco babaçu..... | 23 |
| Figura 5. Produção de amêndoas de babaçu no Brasil (2007-2021)..... | 25 |
| Figura 6. Mesocarpo de coco babaçu..... | 25 |
| Figura 7. Quebradeiras de coco babaçu..... | 26 |
| Figura 8. Fungos micorrízicos arbusculares. a) <i>Glomus spinuliferum</i> ; b) <i>Orbispora pernambucana</i> ; c) <i>Fuscutata heterogama</i> ; d) <i>Glomus glomerulatum</i> ; e) <i>Sclerocistis sinuosa</i> ; f) <i>Gigaspora</i> sp..... | 31 |

Capítulo 2: Artigo - Estimativas de Parâmetros Genéticos Baseados em Características Reprodutivas em Genótipos de Populações de Babaçu

| | |
|--|----|
| Figura 1. Localização das populações amostrais de <i>Attalea speciosa</i> nos cinco municípios, Maranhão, Brasil. A distribuição espacial das áreas amostrais está indicada por pontos coloridos..... | 44 |
| Figura 2. Aspecto geral dos frutos coletados nos municípios de Buritirana (A), Cantanhede (B), Coroatá (C), São Luís (D) e Viana (E)..... | 54 |

Capítulo 3: Artigo - Comunidade de Fungos Micorrízicos Arbusculares em babaçuais (*Attalea speciosa*) do Maranhão

| | |
|---|----|
| Figura 1. Densidade total de Glomerosporos em 50g de solo (0-10 cm), em 60 amostras provenientes de cinco municípios do Maranhão (5 cidades x 3 áreas x 4 repetições). As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si a 5% de nível de significância..... | 63 |
| Figura 2. Densidade total de Glomerosporos em 50g de solo (0-10 cm), de amostras provenientes de cinco municípios do Maranhão. As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si a 5% de nível de significância..... | 63 |
| Figura 3. Diagrama de Venn com o número de espécies compartilhadas entre os municípios..... | 65 |
| Figura 4. Abundância de espécies de Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMA) nos municípios de Buritirana, Cantanhede, Coroatá, Viana e São Luís, MA, Brasil..... | 66 |

Capítulo 4: Artigo - Elaboração e caracterização de suplemento alimentar com farinha de mesocarpo de babaçu de diferentes regiões do estado do Maranhão

| | |
|---|----|
| Figura 1. Localização dos municípios de coleta de coco babaçu, Maranhão, Brasil..... | 76 |
| Figura 2. Fluxograma do processo de preparo do mesocarpo extraído..... | 77 |
| Figura 3. Fluxograma do processo de preparo do suplemento alimentar de mesocarpo de coco babaçu..... | 78 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Capítulo 2: Artigo - Estimativas de parâmetros genéticos baseados em características reprodutivas em genótipos de populações de babaçu | |
| Tabela 1. Localização e caracterização das áreas pesquisadas..... | 45 |
| Tabela 2. Classificação das magnitudes da herdabilidade e acurácia seletiva utilizados para estimativa dos parâmetros genéticos de <i>Attalea speciosa</i> | 47 |
| Tabela 3. Estimativas de parâmetros genéticos obtidos da análise em palmeiras babaçu nativas do Estado do Maranhão (<i>Attalea speciosa</i>) para as variáveis morfológicas número de cachos (NCH), números de frutos/cacho (FR/CH); circunferência do estipe nível peito (CIEST), altura (ALT), comprimento do fruto (CPFRR), largura do fruto (LFR), peso médio do fruto (PFR), comprimento da amêndoa (CAM), peso médio da amêndoa (PAM) e peso médio do mesocarpo (PMES)..... | 48 |
| Tabela 4. Análise de Deviance (Anadev) para as variáveis morfológicas avaliadas em palmeiras babaçu (<i>Attalea speciosa</i>) nativas do estado do Maranhão..... | 51 |
| Tabela 5. Matriz de correlação genética para seis características de frutos de palmeiras babaçu nativas do estado do Maranhão (<i>Attalea speciosa</i>)..... | 52 |
| Tabela 6. Classificação com base na soma de <i>ranks</i> de palmeiras babaçu nativas do Estado do Maranhão (<i>Attalea speciosa</i>) para as variáveis morfológicas número de cachos (NCH), números de frutos/cacho (FR/CH); comprimento do fruto (CPFRR), largura do fruto (LFR), peso do fruto (PFR) e peso do mesocarpo (PMES)..... | 53 |
| Capítulo 3: Artigo - Comunidade de Fungos Micorrízicos Arbusculares Associados à Populações de <i>Attalea speciosa</i> no Maranhão | |
| Tabela 1. Localização e caracterização das áreas pesquisadas..... | 61 |
| Tabela 2. Ocorrência de espécies de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) nos municípios de Buritirana, Cantanhede, Coroatá, Viana e São Luís, MA, Brasil, durante o período seco (out. e nov/2021)..... | 64 |
| Tabela 3. Índices de diversidade de Shannon (H') e equitabilidade de Pielou (J') nos municípios de Buritirana, Cantanhede, Coroatá, Viana e São Luís, MA, Brasil, durante o período seco (out. e nov/2021)..... | 66 |
| Capítulo 4: Artigo - Elaboração e caracterização de suplemento alimentar com farinha de mesocarpo de babaçu de diferentes regiões do estado do Maranhão | |
| Tabela 1. Formulações para elaboração de 100g do suplemento alimentar a base de farinha de mesocarpo de coco babaçu..... | 77 |
| Tabela 2. Composição centesimal da farinha de mesocarpo de coco babaçu..... | 79 |
| Tabela 3. Composição centesimal do suplemento alimentar com a mistura de farinha de mesocarpo de coco babaçu (FMB) e substrato de soja orgânica (SS)..... | 79 |

LISTA DE QUADROS**Capítulo 1: Introdução Geral e Referencial Teórico**

| | |
|--|----|
| Quadro 1. Classificação da espécie <i>Attalea speciosa</i> com os respectivos autores..... | 19 |
| Quadro 2. Estudos de diversidade genética com palmeiras e seus respectivos autores..... | 29 |
| Quadro 3. Características mais importantes dos diferentes tipos anatômico-funcionais de micorrizas..... | 31 |

RESUMO

O babaçu é uma palmeira originária do Brasil que ocorre de forma esparsa em vários estados das regiões Nordeste, Norte e Centro-Oeste, concentrada principalmente no estado do Maranhão, ocupando uma área de mais de 20 milhões de hectares. Constitui um recurso natural de elevada importância no nordeste brasileiro e é um dos principais produtos extrativistas do país. O fruto do babaçu apresenta grande utilidade na alimentação humana, principalmente o seu mesocarpo, que é constituído por carboidratos, proteínas, lipídeos e sais minerais. Objetivou-se relacionar o potencial genético de diferentes populações de babaçu em diferentes regiões ecológicas do estado do Maranhão a partir de características morfoagronômicas, sua microbiota de solo associada e proceder à seleção de babaçuais com maior potencial de produção de mesocarpo para produção de um suplemento nutricional agroecológico. As áreas amostrais utilizadas estão localizadas nos municípios de Buritirana, Viana, São Luís, Cantanhede e Coroatá no estado do Maranhão. O estudo foi realizado em populações naturais de babaçu e as coletas foram realizadas no fim da época seca (outubro e novembro/2021), no qual foram escolhidas três áreas por município e dez palmeiras por área para estimar parâmetros relacionados ao controle genético de característica de planta e fruto, identificação para realizar a seleção de populações superiores de produção de mesocarpo de babaçu, contagem de esporos de fungos micorrízicos arbusculares e o desenvolvimento de um suplemento alimentar composto de farinha de mesocarpo de babaçu juntamente com a análise de sua composição centesimal para determinação de percentuais nutricionais. As populações de babaçu apresentaram variabilidade genética. As características morfológicas do fruto foram as que apresentaram as maiores herdabilidades e acurácias. A cidade de Buritirana exibiu as populações de melhores características produtivas e qualidade de frutos de babaçu. Na extração dos glomerosporos, gêneros de FMA de maior predominância foram *Glomus* e *Acaulospora*, especialmente em Cantanhede. A composição centesimal do suplemento de babaçu exprimiu um produto rico em carboidrato (até 97%), com valores de proteínas acima de 10% e 19% de lipídeos.

Palavras-chave: herdabilidade, fungos micorrízicos arbusculares, solos, análise centesimal, babaçu.

ABSTRACT

Babassu is a palm tree originally from Brazil that occurs sparsely in several states in the Northeast, North and Midwest regions, concentrated mainly in the state of Maranhão, occupying an area of more than 20 million hectares. It constitutes a natural resource of great importance in the Brazilian northeast and is one of the main extractive products in the country. The babassu fruit is very useful in human nutrition, especially its mesocarp, which is made up of carbohydrates, proteins, lipids and mineral salts. The objective was to relate the genetic potential of different populations of babassu in different ecological regions of the state of Maranhão from morphoagronomic characteristics, their associated soil microbiota and to proceed with the selection of babassu with greater potential for mesocarp production for the production of a nutritional supplement. agroecological. The sample areas used are located in the municipalities of Buritirana, Viana, São Luís, Cantanhede and Coroatá in the state of Maranhão. The study was carried out in natural babassu populations and the collections were carried out at the end of the dry season (October and November/2021), in which three areas per municipality and ten palm trees per area were chosen to estimate parameters related to the genetic control of the trait of plant and fruit, identification to carry out the selection of superior populations of babassu mesocarp production, spore counting of arbuscular mycorrhizal fungi and the development of a food supplement composed of babassu mesocarp flour together with the analysis of its centesimal composition for determination nutritional percentages. Babassu populations showed genetic variability. The morphological characteristics of the fruit were those that presented the highest heritability and accuracy. The city of Buritirana exhibited populations with the best productive characteristics and quality of babassu fruits. In the extraction of glomerospores, the most predominant AMF genera were *Glomus* and *Acaulospora*, especially in Cantanhede. The centesimal composition of the babassu supplement expressed a product rich in carbohydrates (up to 97%), with values of proteins above 10% and 19% of lipids.

Keywords: heritability, arbuscular mycorrhizal fungi, soils, centesimal analysis, babassu.

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| LISTA DE FIGURAS..... | ix |
| LISTA DE TABELAS..... | x |
| LISTA DE QUADROS..... | xi |
| RESUMO..... | xii |
| ABSTRACT..... | xiii |
| CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO GERAL E REFERENCIAL TEÓRICO..... | 16 |
| 1. INTRODUÇÃO GERAL..... | 17 |
| 2. REFERENCIAL TEÓRICO..... | 18 |
| 2.1 Taxonomia, distribuição geográfica e botânica do babaçu..... | 18 |
| 2.2 Composição do fruto de babaçu..... | 22 |
| 2.3 Aspectos socioeconômico e etnobotânico do babaçu..... | 24 |
| 2.4 Diversidade genética e parâmetros genéticos..... | 27 |
| 2.5 Fungos micorrízicos arbusculares (FMA)..... | 29 |
| REFERÊNCIAS..... | 32 |
| CAPÍTULO 2: ARTIGO - ESTIMATIVAS DE PARÂMETROS GENÉTICOS BASEADOS EM CARACTERÍSTICAS REPRODUTIVAS EM GENÓTIPOS DE POPULAÇÕES DE BABAÇU..... | 40 |
| 1. INTRODUÇÃO..... | 42 |
| 2. MATERIAL E MÉTODOS..... | 44 |
| 2.1 Caracterização das populações..... | 44 |
| 2.2 Análises realizadas..... | 46 |
| 2.3 Estimativa de Parâmetros Genéticos..... | 46 |
| 2.3.1 Índice de seleção..... | 47 |
| 2.3.2 Análises estatísticas..... | 48 |
| 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 48 |
| 3.1 Parâmetros Genéticos..... | 48 |
| 4. CONCLUSÃO..... | 54 |
| REFERÊNCIAS..... | 55 |
| CAPÍTULO 3: ARTIGO - COMUNIDADE DE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES ASSOCIADOS A POPULAÇÕES DE <i>Attalea speciosa</i> NO MARANHÃO..... | 58 |
| 1. INTRODUÇÃO..... | 60 |
| 2. MATERIAL E MÉTODOS..... | 60 |
| 2.1 Área de estudo..... | 60 |
| 2.2 Amostragem..... | 61 |
| 2.3 Análise dos glomerosporos..... | 61 |
| 2.4 Avaliação das comunidades de FMA..... | 62 |
| 2.5 Análise estatística..... | 62 |
| 3. RESULTADOS..... | 62 |
| 3.1 Abundância de glomerosporos..... | 62 |
| 3.2 Riqueza de espécies de FMA..... | 63 |
| 4. DISCUSSÃO..... | 66 |
| 5. CONCLUSÕES..... | 68 |
| BIBLIOGRAFIA CITADA..... | 69 |
| CAPÍTULO 4: ARTIGO - ELABORAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE SUPLEMENTO ALIMENTAR COM FARINHA DE MESOCARPO DE BABAÇU DE DIFERENTES REGIÕES DO ESTADO DO MARANHÃO | 73 |

| | |
|---|-----------|
| 1. INTRODUÇÃO..... | 74 |
| 2. MATERIAL E MÉTODOS..... | 76 |
| 2.1 Coleta das amostras..... | 76 |
| 2.2 Elaboração da farinha de mesocarpo de babaçu..... | 77 |
| 2.3 Processo de mistura do suplemento alimentar..... | 77 |
| 2.4 Composição centesimal das amostras do suplemento alimentar de farinha do coco de babaçu..... | 78 |
| 2.5 Análise estatística..... | 79 |
| 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 79 |
| 4. CONCLUSÃO..... | 82 |
| REFERÊNCIAS..... | 83 |
| CONCLUSÃO GERAL | 86 |
| ANEXO..... | 87 |

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO GERAL E REFERENCIAL TEÓRICO

1 INTRODUÇÃO GERAL

O babaçu (*Attalea speciosa* Mart. ex Spreng) é uma espécie da família Arecaceae (BATISTA et al., 2018), dotada de frutos drupáceos com sementes oleaginosas e comestíveis, das quais se extrai um óleo (MACHADO; CHAVES; ANTONIASSI, 2006) que é empregado na alimentação humana e animal, em cosméticos e em biocombustíveis (GONZALEZ-PEREZ et al., 2012). Atualmente, no Brasil, vastos babaçuais se encontram espalhados ao sul da bacia amazônica, onde a floresta úmida cede lugar à vegetação típica dos cerrados (SILVA, 2021). São os estados do Maranhão, Piauí e Tocantins que concentram as maiores extensões de matas onde predominam os babaçuais, formando, muitas vezes e espontaneamente, agrupamentos homogêneos, bastante densos e escuros, tal a proximidade entre as copas das palmeiras (ALMEIDA SILVA et al., 2023).

Segundo o MMA (2009) no Norte, Nordeste e Centro Oeste do Brasil o babaçu abrange entre 13 e 18 milhões de hectares, distribuídos nos estados do Maranhão, Piauí, Tocantins, Goiás, Mato Grosso, Amazonas, Pará, Rondônia, Ceará, Bahia e Minas Gerais, abrangendo 279 municípios. O Maranhão é o Estado que mais produz babaçu, e dentre os municípios maranhenses líderes em produção destaca-se: Coroatá, Vargem Grande, Pedreiras, Porção de Pedras, Bacabal, Paulo Ramos, Lago dos Rodrigues e Joselândia (DA SILVA SARAIVA et al., 2019; IBGE, 2019).

A farinha do mesocarpo de babaçu mais conhecida como “pó do babaçu” ou simplesmente “mesocarpo do babaçu” possui propriedades anti-inflamatórias e analgésicas, muito consumido por pessoas em tratamento de reumatismo, artrite reumatóide, úlceras, tumores e inflamações em geral (DIXIT et al., 2022).

Entretanto, seu principal uso é na alimentação, na qual o mesocarpo de babaçu pode ser utilizado na fabricação de bolos, tortas, pães e vitaminas. O mesocarpo de babaçu é constituído de 3,5% de proteína bruta, 9,4% de fibra bruta, 55,4% de fibra em detergente neutro, 19,8% de fibra em detergente ácido, 10,8% de celulose e apresenta energia bruta de 4354 kcal/kg (REIS, 2009). Considerando a recomendação diária de consumo de fibra

alimentar no Brasil, seria necessária a ingestão diária de cerca de 54 g de farinha de mesocarpo para satisfazer essa orientação.

A farinha de mesocarpo contém 60% de amido, mas sua composição varia em função da origem. Diante dessa rica composição nutricional, a inserção da farinha de mesocarpo pode representar uma estratégia para suprir possíveis deficiências nutricionais na população (SILVA, 2011; CINELLI et al., 2014), embora não se tenha informações acerca da qualidade dos produtos à base de mesocarpo atualmente comercializados, nem a origem da matéria-prima relacionada às diferentes condições ecológicas do estado do Maranhão.

Raros estudos relatam a ocorrência das espécies e atestam a magnitude da diversidade genética de *Attalea speciosa* no Maranhão (MATA et al., 2022). Marcadores morfológicos são ferramentais relevantes por serem simples e práticas no estudo da diversidade genética, mesmo que esteja ligado, na sua maioria, ao fenótipo de determinados indivíduos adultos. Também permitem observar características em frutos, flores e sementes, importantes na identificação de indivíduos mais produtivos (FREITAS, 2016).

A comparação da diversidade morfológica de populações de babaçuais em localidades distintas permitirá a identificação de indivíduos que apresentam melhor conformidade de frutos para exploração e comercialização do mesocarpo. Borges et al. (2023) em estudos morfológicos de frutos de babaçu demonstraram ser uma valiosa fonte de amido advindo de frutos de diversos tamanhos e formas, principalmente oval. Lins Neto et al. (2013) estudaram a diversidade morfológica de frutos de umbú (*Spondias tuberosa* Arruda) em duas comunidades do sertão pernambucano e permitiu caracterizar os frutos em áreas manejadas e não-manejadas para consumo da população local.

Da mesma forma, torna-se relevante conhecer a microbiota associada às palmeiras, como as micorrizas com sua diversidade potencial e funções nos agroecossistemas. Os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) possuem destaque especial pelos múltiplos papéis que desempenham no solo, como nutrição das plantas, estruturação do solo e controle de patógenos no solo (THANGAVEL et al., 2022).

Devido à importância do babaçu na alimentação humana e disponibilidade de matéria prima abundante, este estudo visa estimar os parâmetros relacionados ao potencial genético de populações de plantas de babaçu em diferentes regiões ecológicas do estado a partir de caracteres morfoagronômicos, sua microbiota de solo associada e proceder à seleção de babaçuais com maior potencial de produção de mesocarpo para fabricação de um suplemento nutricional agroecológico.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Taxonomia, botânica e distribuição geográfica do babaçu

A família Aracaceae é constituída por 183 gêneros e cerca de 2.400 espécies distribuídas em regiões tropicais e subtropicais do mundo (DRANSFIELD et al., 2008). Somente no Brasil são 266 espécies catalogadas em 38 gêneros (LORENZI et al., 2010). Dentre vários gêneros de Aracaceae, o *Attalea* é o mais comum na região amazônica e no bioma cerrado (SILVA, 2008) e dentre as espécies mais difundidas estão *Attalea speciosa* e *Attalea phalerata*, que são espécies de palmeiras denominadas babaçu (CARRAZZA; ÁVILA; SILVA, 2011).

A principal espécie, *Attalea speciosa*, foi identificada por diferentes autores e classificada com diferentes nomes (MATA, 2016). A evolução desta classificação está explicitada na Quadro 1.

Quadro 1. Classificação da espécie *Attalea speciosa* com os respectivos autores.

| Autor | Data | Nome | Referência |
|-----------------------|------|---|---|
| Martius | 1826 | <i>Attalea speciosa</i> | GLASSMAN, 1999 |
| Martius | 1844 | <i>Orbignya phalerata</i> | GLASSMAN, 1999 |
| Drude | 1881 | <i>Orbignya lydiae</i> | GLASSMAN, 1999 |
| Barbosa Rodrigues | 1891 | <i>Orbignya speciosa</i> | GLASSMAN, 1999 |
| Barbosa Rodrigues | 1898 | <i>Orbignya martiana</i> | ANDERSON & BALICK, 1988; GLASSMAN, 1999 e PINTAUD, 2008 |
| Barbosa Rodrigues | 1903 | <i>Orbignya martiana</i> = <i>Orbignya speciosa</i> | GLASSMAN, 1999 |
| Barbosa Rodrigues | 1932 | <i>Orbignya speciosa</i> = <i>Orbignya martiana</i> = <i>Attalea speciosa</i> → <i>Orbignya barbosiana</i> | GLASSMAN, 1999 |
| Anderson e Ballick | 1988 | <i>Orbignya phalerata</i> | ANDERSON & BALICK, 1988 |
| Govaerts & Dransfield | 2005 | <i>Attalea speciosa</i> | GOVAERTS & DRANSFIELD, 2005 |

Fonte: Cavallari et al. (2016)

O nome babaçu tem origem tupi-guarani na qual *ba* é fruto e *açu*, grande (OLIVEIRA, 2018). É uma palmeira nativa bastante difundida na Amazônia, no Cerrado e na Caatinga, onde espontaneamente ocorre em vários estados brasileiros, cobrindo uma extensão territorial de cerca de 196 mil km² (CARRAZZA; ÁVILA; SILVA, 2012), com maior concentração nos estados do Maranhão, Piauí e Tocantins, na área geográfica chamada “Mata dos Cocais” (Figura 1). O Maranhão apresenta a maior concentração desta espécie, representando 70%

(141 mil km²) da produção de babaçu no Brasil (ARRUDA; LIMA; RIBEIRO, 2012; WORD WILDLIFE FUND, 2021).



Figura 1. Áreas de babaçuais no Brasil. Fonte: adaptado de Anderson e May, 1985.

A presença do babaçu está fortemente relacionada às áreas antropizadas, onde coloniza agressivamente antigas formações florestais desmatadas (RIBEIRO; WALTER, 1998; MITJA et al., 2018). Segundo Silva e Ludewings (2020), a sobrevivência do babaçu em áreas antropizadas se deve à resiliência da palmeira em terrenos que são submetidos a inúmeros impactos, como a supressão vegetativa criminosa por meio da derrubada e do fogo.

O babaçu, além de possuir esse poder de invasão de áreas perturbadas, possui um estipe que pode atingir de 10 a 30 metros de altura (Figura 2), de configuração reta e diâmetro variando de 20 a 50 cm (CARRAZZA; ÁVILA; SILVA, 2012). Suas folhas são arqueadas com até 8 metros de comprimento e mantêm-se em posição retilínea (REMAPE, 2014).



Figura 2. Vista da palmeira de babaçu.

As flores apresentam características de longos cachos de 70 a 90 cm e aproximadamente 6 cachos por planta (MENDONÇA et al., 2014). As flores são de sexos separados com ramos florais volumosos (BRANDÃO et al., 2002). Os indivíduos monóicos, apresentam flores masculinas e femininas na mesma palmeira, separadas em inflorescências masculinas e inflorescência hermafroditas onde aparecem flores feminina e flores masculinas em proporção variada (REIS, 2019). Conforme Lorenzi (2010) apenas a inflorescência fêmea produz cacho com frutos, e os machos são essenciais para a fecundação (Figura 3).



Figura 3. A) inflorescência masculina; B) inflorescência feminina.

Fonte: Mendonça et al. (2014)

De acordo com Santos (2020), o babaçu frutifica a partir do oitavo ano e alcança a produção plena após 15 anos. Os frutos se apresentam em cachos, cada safra pode ter entre 3 e 6 cachos, e cada cacho com uma média de 300 a 500 frutos. Os frutos são caracterizados como lenhosos, ovais alongados, de polpa fibrosa-farinácea, podendo atingir de 5 a 15 cm por 3 a 8 cm de diâmetro e pesando em torno de 90 a 240 g (LORENZI, 2000; SILVA, 2008). O fruto é dividido em epicarpo, mesocarpo, endocarpo e amêndoas.

Segundo Carrazza, Ávila e Silva (2012), o pico de florescimento acontece entre os meses de janeiro e abril, e o amadurecimento dos frutos ocorrem entre agosto e dezembro, a exemplo do Maranhão. A safra ocorre do período seco ao início do período chuvoso, isso de acordo com cada região.

2.2 Composição do fruto de babaçu

Os frutos da espécie *Attalea speciosa* são oblongo-elípticos que apresentam três camadas distintas, o epicarpo (12%) a camada mais externa, fibrosa de cor castanho, o mesocarpo (20%) camada intermediária, branco ou castanho, dependendo da idade do fruto, e com aspecto farináceo (amido) e, por fim, o endocarpo (58%) de cor castanho e aspecto lenhoso, contendo de 3 a 4 amêndoas (sementes) (Figura 4).

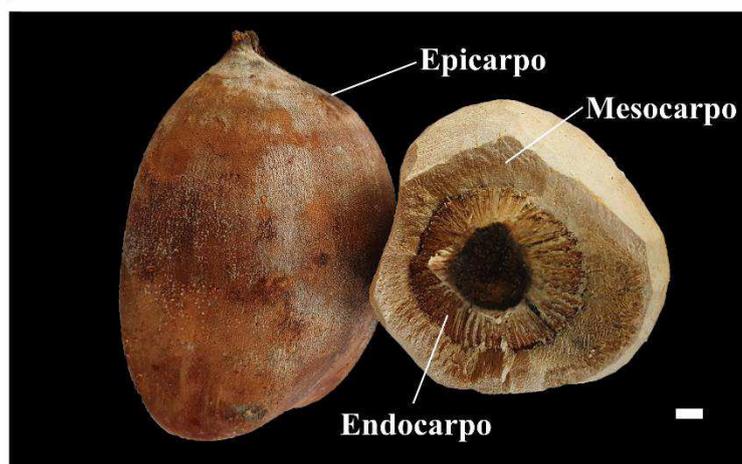


Figura 4. Imagem do coco babaçu. Barra: 1 cm.

O fruto da palmeira de babaçu é amplamente explorado como fonte de energia, alimento e medicamento (SOUSA et al., 2011). Outra parte do babaçu, a amêndoa (10%), é oleaginosa, com grande potencial na produção de biodiesel, alimentação humana e animal e cosméticos, rica em ácido láurico, ácidos graxos saturados e insaturados (LIMA, 2007; SALES et al., 2020). A quantidade de amêndoas por fruto pode variar de 1 a 8, sendo que a média é de 3 a 4 amêndoas por fruto com dimensões de 2,5 a 6 cm de comprimento e 1 a 2 cm de largura (FERREIRA, 2005).

O mesocarpo do coco babaçu contém até 60% de amido, rico em carboidratos, fibra, sais minerais e possui propriedade anti-inflamatória (PAVLAK et al., 2007; SILVA et al., 2021). De acordo com Pascoal, Bezerra e Gonçalves (2006), os subprodutos do babaçu podem ser utilizados com alternativa para substituição alimentar humana ou animal. Os autores enfatizam a importância do conhecimento dos aspectos nutricionais dessa espécie.

Os inúmeros produtos oriundos deste fruto contribuem para o sustento de comunidades tradicionais, bem como de agricultores familiares, embora apenas a produção comercializada de amêndoas seja reconhecida pelas estatísticas oficiais da extração vegetal (PORRO, 2019).

A utilização da farinha de mesocarpo de babaçu (BMF) na produção de biscoitos apresentou alto teor de minerais, lipídeos e fibras, apresentando-se uma alternativa viável na substituição parcial de farinha de trigo (DE CARVALHO SILVA et al., 2019). Souza et al. (2021) desenvolveram uma sobremesa láctea mista de babaçu e cupuaçu onde encontraram resultados de acidez equilibrada, alta umidade, alto teor de carboidratos e fibras estando de acordo com a legislação para sobremesas lácteas. O fruto do babaçu se aproveita para produção de etanol com rendimento de 93% (DE MENEZES PAVLAK et al., 2007), na

indústria de cosméticos pelo mundo (VERAS et al., 2016), carvão ativado (FERREIRA et al., 2020) e produtos de limpeza (PORRO et al., 2022).

2.3 Aspectos socioeconômicos e etnobotânicos do babaçu

Existem muitas espécies de babaçu, mas as mais conhecidas e de uso mais difundido são as do gênero *Attalea* (CARRAZZA; ÁVILA; SILVA, 2012) e *Orbignya* (LORENZI et al., 2010). E se aprofundando no tema tem-se diferentes sinônimos para o babaçu, principalmente *Orbignya phalerata* e *Attalea speciosa*, como também é relatado *O. speciosa*, *O. martiana*, dentre outros (SANTOS, 2020). Porém, Cavallari e Toledo (2016), recomendam o nome *Attalea speciosa* Mart ex. Spreng como o mais adequado para o babaçu.

O potencial do babaçu vai desde a geração de energia ao artesanato, contribuindo para diversas atividades econômicas a partir da palmeira. O fruto, obviamente, apresenta maior destaque no valor econômico para aproveitamento tecnológico e industrial (SILVA; ARAÚJO; BARROS, 2015). Por isso, a palmeira de babaçu tem grande importância econômica, social e ecológica para famílias que dependem da sua extração para sobreviver e o principal produto obtido do babaçu é o fruto, que pode ser aproveitado em mais de 60 subprodutos conhecidos (COURI; GIADA, 2016). Entretanto, o interesse econômico do coco babaçu ainda está voltado para as amêndoas, usadas para a extração de óleo empregado na produção de biocombustíveis e lubrificantes, porém, é comumente usada para alimentação humana (CARRAZZA; ÁVILA; SILVA, 2012; COURI; GIADA, 2016).

Até o ano de 2011 o babaçu era o segundo produto florestal não madeireiro no Brasil, ficando atrás do açaí, e alcançando valor comercializado, naquele ano, de R\$ 142 milhões (IBGE, 2016), contudo na mesma série histórica do IBGE, em 2012, o babaçu perdeu espaço para outros produtos, como a castanha-do-pará, a erva-mate e a carnaúba. E a cada ano, o verifica-se declínio na produção de amêndoa de babaçu, no Brasil (Figura 5).

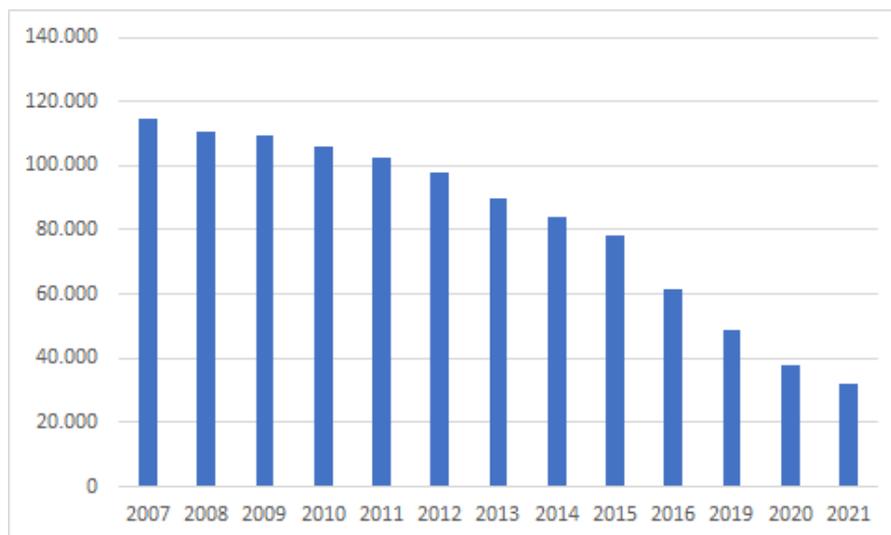


Figura 5. Produção de amêndoas de babaçu no Brasil (2007-2021). Fonte: IBGE (2021).

Essa queda da produção de amêndoa de babaçu evidencia uma desvalorização da atividade extrativista. Silva (2011) cita que a redução de produção de amêndoa e as possibilidades de aproveitamento racional e integral do babaçu são fatos pertinentes às reflexões sobre o desenvolvimento de políticas públicas sustentáveis aplicadas à atividade.

Outro produto de elevado valor nutritivo é o mesocarpo do coco de babaçu (Figura 6), amplamente utilizado na alimentação infantil como farinha para elaboração de mingaus, vitaminas, bolos, biscoitos etc. (MORAES SILVA, 2012; COURI; GIADA, 2016). A farinha de mesocarpo de babaçu apresenta composição predominantemente amilácea, contudo, ela pode ainda fornecer fibra alimentar, proteína, minerais e vitaminas. Apesar da viabilidade da utilização da farinha de mesocarpo de babaçu de uma forma simples, como suplemento alimentar, por exemplo, seu aproveitamento na alimentação humana ainda é escasso (SOUZA et al., 2011; COURI; GIADA, 2016).



Figura 6. Mesocarpo de coco babaçu.

Fonte: Casa da farinha (2018)

A atividade de coleta, quebra e beneficiamento do coco babaçu é realizada predominantemente por mulheres extrativistas, as quebradeiras de coco (Figura 7), que de geração em geração ensinam o ofício. A atividade é um complemento de renda para as famílias, principalmente durante o período de entressafra da produção agropecuária (LENA, 2021), uma atividade em que é perceptível a forte interação sociedade-natureza.



Figura 7. Quebradeiras de coco babaçu.

A relação entre extrativistas e o babaçu é representada pelo uso integral da planta, religiosidade, sentimentalidades e pela economia local (LENA, 2021) e considerado um recurso importante nos termos econômicos, sociais e nutricionais. Isso está relacionado principalmente ao aproveitamento da cultura das “Quebradeiras de Coco” (BAUER et al., 2020). No atual contexto de crescente preocupação ambiental, a valorização do resíduo do babaçu sob o ponto de vista econômico é de grande interesse. A luta das quebradeiras de coco é histórica e após décadas de opressão e resistência dos fazendeiros, o Movimento Interestadual das Quebradeiras de Coco Babaçu (MIQCB) nasceu no Maranhão, Pará, Piauí e Tocantins (PIRES et al., 2023). O MIQCB é uma das quinze identidades étnicas brasileiras reconhecidas como comunidades tradicionais. Suas conquistas foram principalmente o resultado de a articulação das mulheres da região (SOUZA et al., 2011; PIRES et al., 2023).

O babaçu é um produto extrativo que apresenta uma significância ambiental, social e política, uma vez que garante a sobrevivência de comunidades tradicionais, representadas pelas quebradeiras de coco, que dele obtêm sua principal fonte de renda, é uma palmeira bastante pesquisada em diversos estudos científicos. Porém, é observada a baixa abordagem de estudos relacionados à propriedade industrial, especificamente no âmbito das patentes, já que o babaçu é um patrimônio genético brasileiro (CECHIN; BARRETO, 2015).

A patente é um mecanismo de proteção legal à propriedade industrial e exerce função de divulgação da informação tecnológica (CORDEIRO; MOURA, 2022). Estes autores evidenciaram que o cenário dos depositantes de patentes, na sua maioria, está sendo requisitado por indústrias internacionais com propósitos comerciais, que abre um alerta sobre a existência de apropriação dos recursos naturais brasileiros por outros países.

2.4 Diversidade genética e parâmetros genéticos

O entendimento da diversidade genética nos níveis intra e interespecíficos, dos pontos de vista genotípico e fenotípico, é fundamental para o conhecimento e monitoramento da biodiversidade (LIMA et al., 2020), além de uma sustentabilidade na produção agrícola (ZHOU et al., 2002). Tal pensamento fundamenta a importância dos estudos de diversidade genética para melhor orientar programas de melhoramento (COSER, 2016).

Para enfrentar os desafios globais que afetam a segurança alimentar, a sustentabilidade e a adaptação às mudanças climáticas é importante os agricultores usarem a diversidade de recursos genéticos para desenvolver novas cultivares (SWARUP et al., 2021). A diversidade genética pode ser entendida como a gama de características genéticas em uma cultura ou espécie, enquanto a variação genética são as diferenças genéticas entre os indivíduos para uma característica específica, em que tais diferenças genéticas residem em uma ou mais sequências de DNA (CHOUDHURY; KHAN; DAYANANDAN, 2014).

O diagnóstico de variabilidade genética intraespecífica faz entender o quanto existe de variação genética e como ela é distribuída geograficamente em cada espécie, fundamental para caracterização de seu status de conservação (SANTOS et al., 2018). Oliveira et al. (2007) afirmam que a identificação da diversidade genética por meio de características morfoagronômicas ajudam pesquisadores a identificarem cruzamentos com potencial de se obter populações segregantes.

A variação genética dá origem à variação fenotípica, que são as diferenças nas características observáveis dentro de uma população (XIA, 2020). Os genomas vegetais são dinâmicos e instáveis por natureza, o que resulta em mudanças genéticas e epigenéticas mais frequentes em plantas que servem como fontes de uma grande quantidade de diversidade genética e fenotípica, mesmo entre cultivares dentro de uma espécie (MURAT; PEER; SALSE, 2012).

A maior diversidade genética nas plantas confere a elas uma notável capacidade de adaptação a mudanças ambientais repentinas (RAZA et al., 2019).

O sucesso do melhoramento de culturas reside na identificação e incorporação eficiente da diversidade genética de várias fontes genéticas de plantas, incluindo cultivares atualmente produtivas, variedades crioulas, selvagens e parentes próximos de cultivares produtivas e coleções de germoplasma com plantas de elite e/ou mutantes (MCGOWAN et al., 2021; SWARUP et al., 2021).

Os parâmetros genéticos são relevantes para orientação dos programas de melhoramento, uma vez que dependendo das magnitudes da variância genética, variância ambiental e do coeficiente de herdabilidade da característica, adotam-se estratégias para garantir produtividades com a seleção das características alvo (COSER, 2016).

Em plantas ainda não domesticadas, como a palmeira babaçu, estudos com a finalidade de quantificar a diversidade genética, e determinar sua magnitude, a partir de métodos de estimativas de parâmetros genéticos podem contribuir na seleção de indivíduos e na caracterização de populações naturais que apresentem características interessantes, contribuindo para maximização de ganho de seleção, e até desenvolvimento de cultivares.

O estudo realizado por Guedes et al. (2015) com babaçu (*Attalea vitrivir*) para estimar sua produtividade através de parâmetros biométricos de frutos foi observado diferenças significativas entre os indivíduos, favorecendo para seleção de indivíduos produtivos em programas de melhoramento genético. Estudo com marcadores moleculares em morfologia de frutas de *A. speciosa* realizado no estado do Tocantins indicou uma alta diversidade genética típica de espécies selvagens não selecionadas (SANTOS et al., 2014). A alta variabilidade que existe em populações naturais permite ganhos significativos em programas de melhoramento genético. No Quadro 2 apresenta estudos de diversidade genética com palmeiras de interesse econômico.

Quadro 2. Estudos de diversidade genética com palmeiras e seus respectivos autores.

| Espécie | Objetivo | Autores |
|--|---|------------------------|
| <i>Phoenix sylvestris</i> | Estudo de distribuição espacial da diversidade alélica de tamareiras silvestres em Bangladesh. | Huda et al. (2019) |
| <i>Elaeis guineensis</i> Jacq. | Estudo de estrutura populacional, fitogenética e relações filogeográficas de dendezeiros resistentes a doença <i>Ganoderma boninense</i> . na Malásia | Midot et al. (2019) |
| <i>Borassus flabellifer</i> L. | Estudo de revisão sobre a expansão da diversidade genética da palmeira asiática. | Siju & Sabu (2020) |
| <i>Euterpe edulis</i> | Estudo com a palmeira juçara para definição da diversidade e estrutura genética de quatro populações naturais utilizando o método analítico REML/BLUP no estado do Espírito Santos, Brasil. | Carvalho et al. (2020) |
| <i>Arenga pinnata</i> (Wurmb) Merr. | Estudo de marcadores genéticos (SSR) em palma-de-açúcar para determinar a diversidade genética em diferentes regiões da Indonésia. | Rinawati et al. (2021) |
| <i>Acrocomia aculeata</i> (Jacq.) Lodd. ex Mart. | Estudo para estimar a diversidade genética e a estrutura populacional de genótipos de macaúba usando polimorfismo de nucleotídeo único (SNP). | Laviola et al. (2022) |

2.5 Fungos micorrízicos arbusculares (FMA)

Dentre os diversos grupos de microrganismos presentes no solo, os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) possuem destaque especial pelos múltiplos papéis que desempenham no solo, como nutrição das plantas, estruturação do solo e controle de patógenos no solo (THANGAVEL et al., 2022). Estes fungos realizam associação mutualística com mais de 80% de todas as espécies de plantas terrestres (PAGANO, 2016) e é denominada micorriza arbuscular. Os principais benefícios da micorriza arbuscular são diversos e amplamente estudados, mas o principal é a simbiose mutualística entre a raiz e o fungo endomicorrízico (KAUR; CAMPBELL; SUSEELA, 2022).

Simbioses micorrízicas podem consistir na internalização de um dos parceiros, o hospedeiro da planta, mas também na mudança do parceiro simbiótico quando ocorre uma variação nas condições ambientais (GOMES JÚNIOR et al., 2018). As micorrizas arbusculares ligam os componentes bióticos e geoquímicos do ecossistema fornecendo mais de seis serviços ao ecossistema: aumentando a aderência e estabilidade da planta/solo, promovendo o crescimento das plantas, aumentando a estabilidade do solo, estrutura e retenção de água (através da secreção de glomalina e crescimento da rede micelial), maior resistência das plantas contra estresses bióticos, biorregulação do desenvolvimento vegetal e

melhor qualidade das plantas para a saúde humana (modificação da fisiologia das plantas) e aumento da diversidade da comunidade vegetal (PAGANO; GUPTA, 2016).

A simbiose micorrízica possui efeitos comprovados no crescimento vegetal, como consequência de seu efeito sobre a nutrição mineral da planta, principalmente no aumento da absorção de fósforo (ROSA et al., 2016) e pelo desenvolvimento de estruturas internas nas raízes e de hifas extrarradiculares (EL GABARDI et al., 2022). A simbiose não só aumenta a biomassa vegetal, mas também na proporção na qual está biomassa se distribui entre a parte aérea e a raiz (WANG et al., 2021). O estímulo da captação e translocação de nutrientes à parte aérea causa menor transferência de fotoassimilados à raiz e maior retenção deles na parte aérea, sendo utilizado na produção de matéria verde (CHEN et al., 2023).

A hifa externa do fungo micorrízico arbuscular pode fornecer à planta 80% do fósforo, 25% do nitrogênio, 10% do potássio, 25% do zinco e 60% do cobre (BERUDE, 2015). O micélio externo contribui consideravelmente para o aumento da absorção de nutrientes, principalmente por dois mecanismos físicos: aumento da superfície de absorção em contato com o solo, pois a absorção ativa é um processo químico de fluxo de nutrientes que depende do contato entre a membrana plasmática e os íons em solução e pelo aumento do volume e extensão do solo explorado em busca de nutrientes pelo fato de as hifas serem muito mais finas (2-10 μm de diâmetro) que as raízes fazendo com que tenham uma superfície muito maior quando se compara volumes iguais de raízes e hifas (BRAGHIROLI et al., 2012). A eficiência das hifas na criação de superfície de contato em comparação com as raízes faz com que gastem menos energia, pois, para a planta, é muito melhor investir em micorriza do que em produção de raízes (SOUZA; SCHLEMPER; STÜRMER, 2017).

As micorrizas são classificadas em grandes grupos, as endomicorrizas, as ectomicorrizas e as ectoendomicorrizas (COLODETE et al., 2014). Nas ectomicorrizas, geralmente um fungo basideomiceto, forma um manto externo e desenvolve-se nos espaços intercelulares, sem que ocorra desenvolvimento intracelular (DARELA FILHO, 2014).

Nas endomicorrizas, ao contrário, o fungo desenvolve-se intracelularmente (CHIALVA et al., 2019). São divididas em três tipos distintos, sendo que os tipos ericóide e orquidóide ocorrem apenas nas famílias Ericaceae e Orquidaceae (PIROLI, 2017) e o terceiro tipo, micorrizas vesículo-arbusculares ou, simplesmente, micorrizas arbusculares, ocorrem em cerca de 80% das espécies de plantas (MANDOU et al., 2023).

As micorrizas arbusculares (MA) realizam simbioses entre raízes de plantas e fungos do solo do filo Glomeromycota (BERUDE, 2015) caracterizadas pela presença endógena de arbúsculos nas células do córtex radicular (SILVA, 2018) (Figura 8).

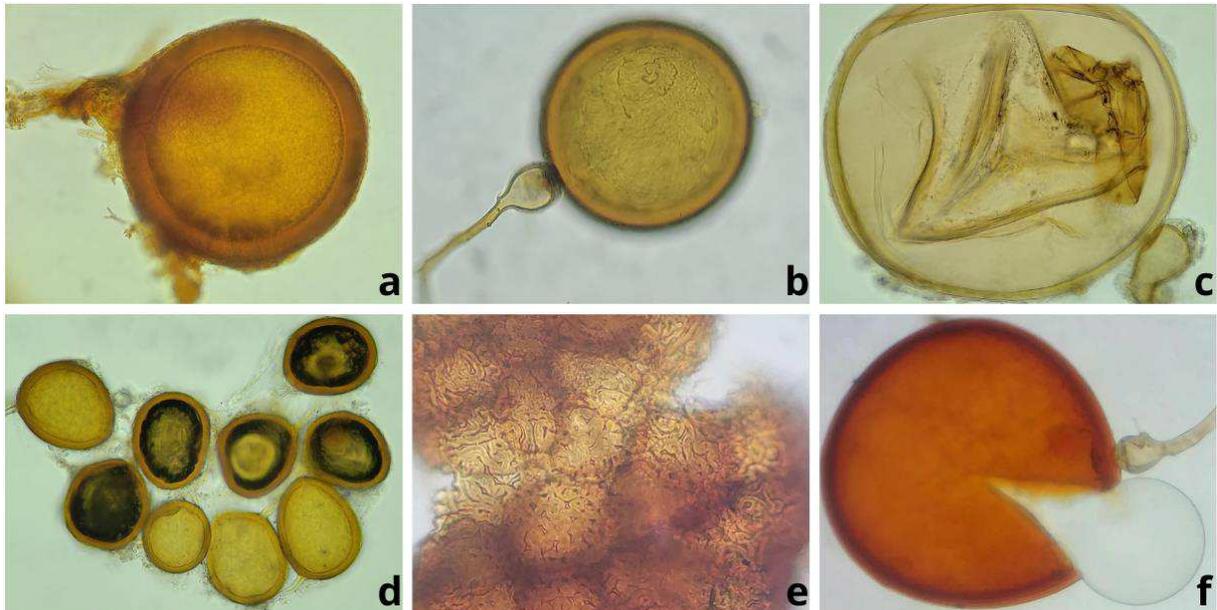


Figura 8. Fungos micorrízicos arbusculares. a) *Glomus spinuliferum*; b) *Orbispora pernambucana*; c) *Fuscitata heterogama*; d) *Glomus glomerulatum*; e) *Sclerocistis sinuosa*; f) *Gigaspora* sp.

Essa associação pode ser detectada em raízes de pteridófitas, gimnospermas e magnoliófitas, plantas pioneiras, e é encontrada na maioria dos ambientes terrestres naturais (dunas, florestas tropicais, savanas, pastagens) e, também, em áreas degradadas e em agroecossistemas (SMITH; READ, 2008). A eficiência dos benefícios da associação micorrízica depende diretamente de fatores associados ao hospedeiro, ao microsimbionte e às condições edafoclimáticas, conforme Quadro 3.

Quadro 3. Características mais importantes dos diferentes tipos anatômico-funcionais de micorrizas

| Caraterísticas | Micorriza arbuscular |
|-----------------------------------|---|
| Microsimbiontes fúngicos | Fungos asseptados, Glomeromicetos (< 300 espécies). Exemplo de gêneros: <i>Glomus</i> , <i>Acaulospora</i> , <i>Gigaspora</i> , <i>Scutellospora</i> . |
| Macrossimbiontes vegetais | Mais de 80 % das plantas terrestres. |
| Colonização da raiz | Hifas penetram nas células do córtex radicular tanto entre as células como intracelularmente. Formam no interior das células haustórios característicos denominados arbúsculos. Não modificam visualmente a morfologia da raiz. |
| Estruturas características | Arbúsculos, vesículas e esporos. |
| Ecossistemas predominantes | Cosmopolita, mas predomina nos ecossistemas tropicais e são raros nos ecossistemas polares. |

Fonte: Miranda, Silva e Saggin Júnior (2016)

Associações simbióticas entre FMA e raízes de plantas apresentam baixa especificidade, ou seja, várias plantas são capazes de desenvolver a colonização fúngica, mas

para que haja eficiência simbiótica, as interconexões fúngicas têm que estabelecer que as hifas externas do FMA estejam conectadas na raiz de plantas (MADOUH; QUORESHI, 2023). Essa interconexão fúngica permite a transferência de substâncias entre plantas, através da passagem direta pelas hifas do fungo, tais como carbono, nitrogênio e outros nutrientes (YADAV et al., 2022).

O sucesso ecológico do babaçu em áreas degradadas é explicado no estudo de Nobre et al. (2018) onde evidenciaram uma forte associação micorrízica com a palmeira em áreas de floresta secundária onde houve maior contagem de esporos de FMA, reforçado na pesquisa de Reyes et al. (2019).

REFERÊNCIAS

- ALBIERO, D.; MACIEL, A. J. D. S.; LOPES, A. C.; MELLO, C. A.; GAMERO, C. A. Proposta de uma máquina para colheita mecanizada de babaçu (*Orbignya phalerata* Mart.) para a agricultura familiar. **Acta amazônica**, p. 337-346, 2007.
- ALMEIDA SILVA, Adnilson et al. A importância do babaçu para o Coletivo Pykahu-Parintintin da Terra Indígena Ipixuna-Amazonas. **Geographia Opportuno Tempore**, v. 9, n. 1, p. e47580-e47580, 2023.
- ANDERSON, A. B.; BALICK, M. J. Taxonomy of the Babassu complex (*Orbignya spp.*: Palmae). **Systematic Botany**, p. 32-50, 1988.
- ANDERSON, A.; MAY, P. **A palmeira de muitas vidas**. Volume 4 nº 20, Ciência Hoje, 1985, p. 58 a 64.
- ARRUDA, L. C. G., LIMA, M. da P., RIBEIRO, M. N. de S.. Estudo Fitoquímico em Farinha do Mesocarpo do Babaçu (*orbignya Phalerata* Mart, Arecaceae). In: **I Congresso de Iniciação Científica PIBIC/CNPq-PAIC/FAPEAM**. 2012.
- BATISTA, W. F. D. M.; SANTOS, K. P. P.; LIMA, A. D. S.; BARROS, R. F. M. D. Diversidade de espécies da flora alimentícia utilizada numa comunidade rural do nordeste brasileiro. **Cadernos de Agroecologia**, v. 13, n. 1, 2018.
- BAUER, L. C. et al. Physicochemical and thermal characterization of babassu oils (*Orbignya phalerata* Mart.) obtained by different extraction methods. **Food research international**, v. 137, p. 109474, 2020.
- BERUDE, M. et al. Micorrizas e sua importância agroecológica. **Enciclopédia Biosfera**, v. 11, n. 22, 2015.
- BORGES, L. A. et al. Babassu Mesocarpo: A Sustainable Source for Obtaining Starch and New Products. **Starch-Stärke**, p. 2200203, 2023.
- BRAGHIROLI, Felipe Luiz et al. Fungos micorrízicos arbusculares na recuperação de florestas ciliares e fixação de carbono no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p. 733-744, 2012.
- BRANDÃO, M. et al. **Árvores nativas e exóticas do Estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte: EPAMIG, 2002.

CARRAZZA, L. R.; ÁVILA, J. C. C.; SILVA, M. L. da. **Aproveitamento integral do fruto e da folha do babaçu (*Attalea spp.*)**. Brasília, ISPN, p. 68, 2012.

CARVALHO, Marina Santos et al. Genetic diversity and population structure of *Euterpe edulis* by REML/BLUP analysis of fruit morphology and microsatellite markers. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 20, 2020.

CASA DA FARINHA. **Farinha de coco babaçu**. 2018. Disponível em: <https://casadafarinha.com.br/product/farinha-de-coco-babacu/> Acesso em: 19. Mai. 2023

CASELLI, F. de T. R.; DE ESPINDOLA, G. M.; LOPES, J. B. Análise temporal da cobertura do solo no território dos cocais usando sensoriamento remoto. **Revista Tecnologia e Sociedade**, v. 15, n. 37, 2019.

CAVALLARI, M.M. et al. What is the name of the babassu? A note on the confusing use of scientific names for this important palm tree. **Rodriguésia**, v. 67, n. 2, p. 533-538. 2016.

CECHIN, A.; BARRETO, C. G. Pesquisa científica, conhecimento tradicional e indústria: perspectivas e limites do marco legal da biodiversidade. **Sustentabilidade em Debate**, v. 6, p. 122-132, 2015.

CHEN, L. et al. Influences of arbuscular mycorrhizal fungi on crop growth and potentially toxic element accumulation in contaminated soils: A meta-analysis. **Critical Reviews in Environmental Science and Technology**, p. 1-22, 2023.

CHIALVA, M. et al. Understanding changes in tomato cell walls in roots and fruits: The contribution of arbuscular mycorrhizal colonization. **International journal of molecular sciences**, v. 20, n. 2, p. 415, 2019.

CHOUDHURY, B. I.; KHAN, M. L.; DAYANANDAN, S.. Patterns of nucleotide diversity and phenotypes of two domestication related genes (OsC1 and Wx) in indigenous rice varieties in Northeast India. **BMC genetics**, v. 15, p. 1-12, 2014.

COLODETE, C. M. et al. Novas perspectivas da simbiose micorrízica e seus facilitadores transmembrânicos na interface da troca bidirecional de nutrientes minerais: revisão. **Biológicas & Saúde**, v. 4, n. 12, 2014.

CORDEIRO, L. S.; MOURA, A. M. M. de. Cenário das patentes relacionadas ao babaçu no contexto do conhecimento tradicional associado ao fruto. **Informação & informação**. Londrina, PR. Vol. 27, n. 1 (2022), p. 180-206, 2022.

COSER, S. M. **Breeding *Acrocomia aculeata* for vegetative, phenological, reproductive and productive traits**. 2016. 53f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2016.

COURI, Maria Heloiza de Souza; GIADA, Maria de Lourdes Reis. Pão sem glúten adicionado de farinha do mesocarpo de babaçu (*Orbignya phalerata*): avaliação física, química e sensorial. **Revista Ceres**, v. 63, p. 297-304, 2016.

DARELA FILHO, J. P. **Modelagem dos impactos do aumento da concentração de CO₂ e nutrientes sobre a composição funcional na Floresta Amazônica**. (Tese de doutorado) Pós-Graduação em Ecologia e Biodiversidade, UNESP, Rio Claro. 2021.

DA SILVA SARAIVA, A. F.; DE OLIVEIRA, N. M.; PEDROZA FILHO, M. X.; LOPES, W. S. Cadeia produtiva do babaçu em Cidelândia-MA: uma análise a partir da abordagem de cadeia global de valor. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v.15, n. 2, 2019.

- DE CARVALHO SILVA, N. et al. Effect of Babassu (*Orbignya phalerata*) mesocarp flour on the sensorial properties and nutritional value of cookies. **Journal of Food and Nutrition Research**, v. 7, n. 11, p. 805-809, 2019.
- DE MENEZES PAVLAK, M. C. et al. Aproveitamento da farinha do mesocarpo do babaçu (*Orbignya martiana*) para obtenção de etanol. **Evidência**, v. 7, n. 1, p. 7-24, 2007.
- DIAGNE, N. et al. Roles of arbuscular mycorrhizal fungi on plant growth and performance: Importance in biotic and abiotic stressed regulation. **Diversity**, v. 12, n. 10, p. 370, 2020.
- DIXIT, S. et al. Herbal drug discovery against inflammation: from traditional wisdom to modern. **Medicinal Plants: Bioprospecting and Pharmacognosy**, p. 39, 2022.
- DRANSFIELD, J. et al. **Genera Palmarum**-The Evolution and Classification of the Palms London: Royal Botanical Gardens, Kew. 2008.
- EL GABARDI, S. et al. Mycorrhizae: Diversity and roles in plant ecosystems. **Moroccan Journal of Agricultural Sciences**, v. 3, n. 4, 2022.
- FERREIRA, A. O babaçu enquanto alternativa energética no Maranhão: possibilidades. **Ciências Humanas em Revista**, v. 3, n. 2, p. 32-39, 2005.
- FERREIRA, K. B. et al. Produção de carvão ativado da casca do babaçu e sua eficiência no tratamento de água para o consumo humano. **Engenharia florestal: desafios, limites e potencialidade**, v. 1, n. 1, p. 654-685, 2020.
- FREITAS, B. A. L. **Conhecimento local, diversidade morfo-genética como subsídios para conservação da mangaba**. 2016. Dissertação (mestrado em Agricultura e Biodiversidade) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2016.
- GLASSMAN, S. F. A taxonomic treatment of the palm subtribe Attaleinae (*Tribe Cocoeae*). **Illinois biol. Monogr**, v. 59, p.416, 1999.
- GOMES JÚNIOR, C. C. et al. Inoculação com fungos micorrízicos arbusculares em duas doses de fósforo no solo altera a resposta de crescimento em genótipos de milho. In: **Embrapa Milho e Sorgo-Resumo em anais de congresso (ALICE)**. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 32., 2018, Lavras. Soluções integradas para os sistemas de produção de milho e sorgo no Brasil: resumos. Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2018., 2018.
- GONZÁLEZ-PÉREZ, S. E.; COELHO-FERREIRA, M.; ROBERT, P. D.; GARCÉS, C. L. L. Conhecimento e usos do babaçu (*Attalea speciosa* Mart. e *Attalea eichleri* (Drude) AJ Hend.) entre os Mebêngôkre-Kayapó da Terra Indígena Las Casas, Estado do Pará, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 26, n. 2, p. 295-308, 2012.
- GOVAERTS, R.; DRANSFIELD J. et al. **World checklist of palms**. Royal botanic gardens, 2005.
- GUEDES, M. L. et al. Fruit morphology and productivity of babassu palms in northern Minas Gerais state, Brazil. **Revista Árvore**, v. 39, p. 883-892, 2015.
- HUDA, Md N. et al. Spatial distribution and genetic diversity of wild date palm (*Phoenix sylvestris*) growing in coastal Bangladesh. **Tree Genetics & Genomes**, v. 15, n. 1, p. 3, 2019
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia Estatística Variável. **Produção da Extração vegetal e da silvicultura**. IBGE, Rio de Janeiro, v. 30, 2016.

- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia Estatística Variável. **Produção da extração vegetal e da silvicultura**. Maranhão: IBGE, 2019 Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/289#resultado>. Acesso em: 11. Maio. 2023.
- KAUR, S.; CAMPBELL, B. J.; SUSEELA, V. Root metabolome of plant–arbuscular mycorrhizal symbiosis mirrors the mutualistic or parasitic mycorrhizal phenotype. **New Phytologist**, v. 234, n. 2, p. 672-687, 2022.
- LAVIOLA, Bruno Galveas et al. Structure and genetic diversity of macauba [*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Mart.] approached by SNP markers to assist breeding strategies. **Genetic Resources and Crop Evolution**, p. 1-13, 2022.
- LENA, M. B. de A. As lutas e conquistas das quebradeiras de coco do Bico Do Papagaio em "RAIMUNDA, A QUEBRADEIRA". **Revista Escritas**, v. 13, n. 02, p. 46-68, 2021.
- LIMA, B. C. de et al. Diversidade genética em acessos de milho crioulo. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 10, p. 82712-82726, 2020.
- LINS NETO, E. M F., OLIVEIRA, I. F.; BRITO, F. B.; ALBUQUERQUE, U. P. Traditional knowledge, genetic and morphological diversity in populations of *Spondias tuberosa* Arruda (Anacardiaceae). **Genetic Resources and Crop Evolution** 60:1389–1406. 2013.
- LORENZI, Harri. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Instituto Plantarum, 2000.
- LORENZI, H. et al. **Flora Brasileira Arecaceae (Palmeiras)**, vol. 347. Instituto Plantarum, 2010.
- MACHADO, G.C.; CHAVES, J.B.P.; ANTONIASSI, R. Composição em ácidos graxos e caracterização física e Química de óleos hidrogenados de coco babaçu. **Revista Ceres**, v. 53, n. 308, p. 463-470, 2006.
- MADOUH, T. A.; QUORESHI, A. M. The function of arbuscular mycorrhizal fungi associated with drought stress resistance in native plants of arid desert ecosystems: A review. **Diversity**, v. 15, n. 3, p. 391, 2023.
- MANDOU, M. S. et al. Arbuscular Mycorrhizal Fungi Combined with Mineral Fertilizer Improved the Growth and Yield of Wheat (*Triticum aestivum* L.) Cultivated in the Western Highlands of Cameroon. **World**, v. 11, n. 1, p. 22-29, 2023.
- MATA, L. R. da. **Caracterização molecular e anatômica do complexo babaçu (*Attalea* spp., Arecaceae)**. 2016. xvi, 149 f., il. Dissertação (Mestrado em Botânica) - Universidade de Brasília, Brasília, 2016.
- MATA, L. R. da et al. Leaf anatomy as an aid to the taxonomy of the ‘babassu’ complex (*Attalea* species). **Flora**, v. 293, p. 152092, 2022.
- MCGOWAN, Matthew et al. Ideas in genomic selection with the potential to transform plant molecular breeding: a review. **Plant breeding reviews**, v. 45, p. 273-319, 2021.
- MENDONÇA, C. et al. Mapeamento de populações nativas, aspectos fenológicos e potencial de exploração de frutos de babaçu (*Orbignya phalerata*. Arecaceae) na Amazônia ocidental do Brasil. **Enciclopédia Biosfera**, v. 10, n. 18, 2014.
- MIDOT, F. et al. Genetic diversity and demographic history of *Ganoderma boninense* in oil palm plantations of Sarawak, Malaysia inferred from ITS regions. **Microorganisms**, v. 7, n. 10, p. 464, 2019.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE –MMA. **Promoção Nacional da Cadeia de Valor do Coco Babaçu**. Brasília: MMA, 2009.

MIRANDA, E. M. de; SILVA, E. M. R. da; SAGGIN JÚNIOR, O. J. Inoculação micorrízica e adubação fosfatada na produção de mudas de Amendoim Forrageiro. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, p. 240-246, 2016.

MITJA, D. et al. Satellite images combined with field data reveal negative changes in the distribution of babassu palms after clearing off amazonian forests. **Environmental management**, v. 61, p. 321-336, 2018.

MORAES SILVA, M. A. de. Vidas em trânsito: mulheres migrantes dos cocais maranhenses nas cidades canavieiras paulistas. **Revista Tópos**, v. 6, n. 1, p. 50-81, 2012.

MURAT, F.; PEER, Y. Van de; SALSE, J. Decoding plant and animal genome plasticity from differential paleo-evolutionary patterns and processes. **Genome biology and evolution**, v. 4, n. 9, p. 917-928, 2012.

NOBRE, C. P. et al. Arbuscular mycorrhizal fungi associated with the babassu palm (*Attalea speciosa*) in the eastern periphery of Amazonia, Brazil. **Acta Amazonica**, v. 48, p. 321-329, 2018.

OLIVEIRA, M. do S. P. de et al. Diversidade genética entre acessos de açaizeiro baseada em marcadores RAPD. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, p. 1645-1653, 2007.

OLIVEIRA, N. A. de. **Caracterização da farinha do mesocarpo e do óleo das amêndoas de Babaçu (*Orbignya phalerata*, Mart.) obtidos via extração com fluido supercrítico e líquido pressurizado: estudos pré-clínicos e toxicológicos**. 2018. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

PAGANO, M. C.; GUPTA, V. K. **Overview of the recent advances in mycorrhizal fungi**. Springer International Publishing, 2016.

PASCOAL, L. Augusto F.; BEZERRA, A. P. A.; GONÇALVES, J. S. Farelo de babaçu: valor nutritivo e utilização na alimentação animal. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 3, n. 4, p. 339-345, 2006.

PAVLAK, Marta Cristina de Menezes et al. Aproveitamento da farinha do mesocarpo do babaçu (*Orbignya martiana*) para obtenção de etanol. **Evidência**, v. 7, n. 1, p. 7-24, 2007.

PINTAUD, J, C. Las palmeras en América del Sur. An overview of the taxonomy of *Attalea* (Arecaceae). **Rev. peru. biol.** Novembro, 15(supl. 1): 055- 063. 2008.

PIRES, P. S. et al. Socioeconomic analysis of bioproducts derived from babassu nut breakers pyrolysis in legal amazonia communities. **Food Science and Technology**, v. 43, 2023.

PIROLI, V. L. B. **Efeito de uma micorriza comercial na biodisponibilidade de nutrientes no solo e crescimento de plantas jovens de oliveira**. Tese de Doutorado. Instituto Politécnico de Braganca (Portugal). 2017.

PORRO, R. A economia invisível do babaçu e sua importância para meios de vida em comunidades agroextrativistas. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas**, v. 14, p. 169-188, 2019.

PORRO, R. et al. Anatomia da cadeia de valor das amêndoas de babaçu no vale do Mearim, Maranhão. In: **CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL**, 60., 2022, Natal. Agricultura familiar,

sistemas agroalimentares e mudanças climáticas: desafios Rumo aos ODS. Natal: Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2022., 2022.

RAZA, A. et al. Impact of climate change on crops adaptation and strategies to tackle its outcome: A review. **Plants**, v. 8, n. 2, p. 34, 2019.

REIS, D. D. **Estudo da composição nutricional e dos coeficientes de digestibilidade da farinha amilácea fina do babaçu determinada com suínos nas fases de crescimento e terminação**. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Ciência Animal Tropical da Universidade Federal do Tocantins, 2009.

REIS, J. A. M. dos. **Dinâmica populacional de babaçu (*Attalea speciosa* Mart. ex. Spreng.) em pastagens na Amazônia Oriental**. 2019. 64 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2019.

REMAPE - Rede Macaúba de Pesquisa. **Babaçu (*Orbygnia* spp)**. Viçosa. 2014. Disponível em: <https://www.macauba.ufv.br/>. Acesso em: 21 ago. 2022.

REYES, Henry Alexander et al. Arbuscular mycorrhizal fungi along secondary forest succession at the eastern periphery of Amazonia: Seasonal variability and impacts of soil fertility. **Applied Soil Ecology**, v. 136, p. 1-10, 2019.

RIBEIRO, J.F.; WALTER, R. M. T. Fitofisionomia do bioma Cerrado. In: Sano, S. M.; Almeida, S. P. de (Eds.). **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina: EMBRAPA- CPAC, 1998. P. 89-166.

RINAWATI, D. Y. et al. Genetic diversity of sugar palm (*Arenga pinnata*) derived from nine regions in Indonesia based on SSR markers. **Biodiversitas Journal of Biological Diversity**, v. 22, n. 9, 2021.

ROSA, Daniel José et al. Parâmetros fisiológicos em videiras ‘Paulsen 1103’ (*Vitis berlandieri* x *Vitis rupestris*) inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares em solo contaminado com cobre. **Ciência e Técnica Vitivinícola**, v. 31, n. 1, p. 14-23, 2016.

SALES, Airton Ricart Rodrigues de et al. Caracterização físico-química do óleo de coco babaçu industrial e artesanal e suas aplicações tecnológicas. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 5, p. 25734-25748, 2020.

SANTOS, F. R et al. **Diversidade Genética**. 2018. Disponível em: <http://labs.icb.ufmg.br/lbem/pdf/santos09biotaminas-divgen.pdf>. Acesso em: 14 Dez 2022.

SANTOS, José Alex Alves dos. **Avaliação da atividade cicatrizante do babaçu (*Attalea speciosa* Mart. ex Spreng, Arecaceae) a partir do seu uso etnomedicinal**. 2020. Tese (Doutorado em Ciências Farmacêuticas) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2020.

SIJU, S.; SABU, K. K. Genetic resources of Asian palmyrah palm (*Borassus flabellifer* L.): a comprehensive review on diversity, characterization and utilization. **Plant Genetic Resources**, v. 18, n. 6, p. 445-453, 2020.

SILVA, Antonio Joaquim da. **Extrativismo do coco babaçu (*Orbignya phalerata*. MART.) no município de Miguel Alves-PI: Caminhos para o desenvolvimento local sustentável**. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente), Trópico Ecotonal do Nordeste, Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2011.

SILVA, Antonio Joaquim da; ARAÚJO, José Luís Lopes; DE BARROS, Roseli Farias Melo. O desafio do babaçu (*Orbignya speciosa* Mart. Ex Spreng) no Piauí. **Raega-O Espaço Geográfico em Análise**, v. 33, p. 44-74, 2015.

SILVA, Felipe Ferreira da. **Uso de topsoil como fonte de inóculo de microrganismos simbiotes para leguminosas florestais usadas na recuperação de áreas degradadas na Caatinga**. 2018. 62 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais) - Instituto de Floresras - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica - RJ

SILVA, Kaio Germano Sousa da et al. Propriedades funcionais da farinha do mesocarpo do coco babaçu: uma alternativa nutricional contra a Covid-19. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 2, p. e58010212851-e58010212851, 2021.

SILVA, Michelle Isabelle. **Microrganismos da Amazônia com potencial para a produção de etanol utilizando fontes alternativas de carbono**. Dissertação de mestrado. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA. 2021.

SILVA, M. R. da. **Distribuição do babaçu e sua relação com os fatores geoambientais na bacia do Rio Cocal, Estado do Tocantins**. 2008. 91 f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

SILVA, S. T. da; LUDEWIGS, T. A trajetória das quebradeiras de coco babaçu de Serra-MA: da invisibilidade ao protagonismo social e à autonomia financeira. **Cadernos de Agroecologia**, v. 15, n. 2, 2020.

SMITH, S. E.; READ, D. J. **Mycorrhizal symbiosis**. 3.ed. London, Academic Press, 2008. 785p.

SOUZA, F. A. de; SCHLEMPER, T. R.; STÜRMER, S. L. A importância da tecnologia de inoculação de fungos micorrízicos para a sustentabilidade na olericultura. **Texto em Discussão**. n. 47. 2017.

SOUZA, M.H.S.L. et al. Ethnopharmacological use of babassu (*Orbignya phalerata* Mart) in communities of babassu nut breakers in Maranhão, Brazil. **Journal of ethnopharmacology**, v. 133, n. 1, p. 1-5, 2011.

SOUZA, N. T. et al. Elaboração e caracterização de sobremesa láctea adicionada de babaçu e cupuaçu. 2021. VERRUCK, Silvana. **Avanços em ciências e tecnologia de alimentos**. Guarujá: Editora Científica Digital, 2021.

SWARUP, Shilpa et al. Genetic diversity is indispensable for plant breeding to improve crops. **Crop Science**, v. 61, n. 2, p. 839-852, 2021.

THANGAVEL, P. et al. Arbuscular mycorrhizae: natural modulators of plant–nutrient relation and growth in stressful environments. **Archives of Microbiology**, v. 204, n. 5, p. 264, 2022.

VERAS, K. S. et al. Aplicação do babaçu (*Attalea speciosa* Mart.) na indústria cosmética. **Rev. Bras. Pl. Med**, v. 18, n. 4, p. 791-796, 2016.

WANG, R. et al. Carbon allocation to the rhizosphere is affected by drought and nitrogen addition. **Journal of Ecology**, v. 109, n. 10, p. 3699-3709, 2021.

WARUP, S. et al. Genetic diversity is indispensable for plant breeding to improve crops. **Crop Science**, v. 61, n. 2, p. 839-852, 2021.

WORD WILDLIFE FUND. **From rain forest to reefs**. 2021. Disponível em: <https://www.worldwildlife.org/places>. Acesso em: 09 out 2022.

XIA, Shuwen. **Exploring the potential of genetic improvement of insects:** A case study using the haplodiploid parasitoid wasp *Nasonia vitripennis*. 2020. Tese de Doutorado. Wageningen University and Research. 2020.

YADAV, N. et al. Arbuscular Mycorrhizal Fungi: A Potential Candidate for Nitrogen Fixation. In: **Plant Stress Mitigators: Action and Application**. Singapore: Springer Nature Singapore, 2022. p. 217-234.

ZHOU, Zhongkai et al. Ageing of stored rice: changes in chemical and physical attributes. **Journal of Cereal Science**, v. 35, n. 1, p. 65-78, 2002.

CAPÍTULO 2

Estimativas de Parâmetros Genéticos Baseados em Características Reprodutivas em Genótipos de Populações de Babaçu

Artigo escrito de acordo com as normas da revista “Crop Breeding and Applied Biotechnology”

Estimativas de Parâmetros Genéticos Baseados em Características Reprodutivas em Genótipos de Populações de Babaçu

RESUMO

O babaçu é uma palmeira nativa do Brasil de grande importância econômica e social, principalmente para o Estado do Maranhão, que detém a maior população dessa planta. Objetivou-se estimar parâmetros relacionados ao controle genético de características de fruto e realizar a seleção de populações superiores para produção de mesocarpo de coco babaçu no Estado do Maranhão, Brasil. Foram realizadas as estimativas de parâmetros genéticos por meio da metodologia REML/BLUP, a partir de análises morfológicas em estágio reprodutivo. As populações de babaçu apresentaram variabilidade genética, cuja “largura de fruto”, “peso de fruto” e “peso do mesocarpo” exibiram as maiores herdabilidades e acurácias. Os parâmetros de “peso do fruto” e “peso médio do mesocarpo” foram as indicadas para realização de correlação genotípica. Populações provenientes dos municípios de Coroatá e Buritirana foram selecionadas como as melhores para características de produção de frutos de babaçu.

Palavras-chave: controle genético, correlação, palmáceas, produtividade.

ABSTRACT

Babassu is a palm tree native to Brazil of great economic and social importance, especially for the state of Maranhão, which has the largest population of this plant. The objective was to estimate parameters related to the genetic control of fruit traits and perform the selection of superior populations for the production of babassu coconut mesocarp in the State of Maranhão, Brazil. Estimates of genetic parameters were performed using the REML/BLUP methodology, based on morphological analyzes at the reproductive stage. Babassu populations showed genetic variability, whose “fruit width”, “fruit weight” and “mesocarp weight” exhibited the highest heritability and accuracy. The parameters "fruit weight" and

"mesocarp average weight" were indicated for carrying out genotypic correlation. Populations from the municipalities of Coroatá and Buritirana were selected as the best for babassu fruit production characteristics.

Keywords: genetic control, correlation, palm trees, productivity.

1. INTRODUÇÃO

O babaçu (*Attalea speciosa* mart. Ex spreng) é uma espécie nativa do Brasil, disseminada principalmente nos Estados do Maranhão, Piauí, Tocantins, e algumas áreas isoladas no Ceará, Pernambuco e Alagoas (Pereira 2019). A área de abrangência da palmeira de babaçu no Brasil é estimada em torno de 25 milhões de hectares (Silva et al. 2017), cujo Maranhão apresenta a maior concentração (70%) (Silva et al. 2019).

O babaçu pertence à família botânica Arecaceae, presente em diversos países da América Latina. Todas as espécies de babaçu são importantes por seus aspectos ecológicos, sociais, econômicos e ambientais, no entanto, a mais conhecidas e difundidas são as do gênero *Attalea* e *Orbignya* (Fakhouri, Silva, Velasco 2021).

O babaçu pode atingir até 30 m de altura, em estipe reto, não ramificado (Carrazza et al. 2012; Moura, Straatmann 2018). Suas folhas são arqueadas e podem atingir até 8 metros de comprimento. O babaçu tem forte adaptação em áreas antropizadas (Santos et al. 2022), porém muitas vezes é realizado o desbaste irracional por práticas agrícolas rudimentares, o que provoca uma redução de produtividade e variabilidade genética, prejudicando os extrativistas na utilização de palmeiras com melhores características produtivas (Souza et al. 2009).

O conhecimento do controle genético das características morfológicas de plantas individuais em populações naturais, é importante para a seleção de genótipos potenciais, no que diz respeito a domesticação de plantas, bem como compor materiais para bancos de germoplasma, e que sejam promissores em futuros programas de melhoramento. Portanto, é

indispensável para obter ganhos com a seleção quando o objetivo é detectar variabilidade genética. Em plantas ainda não domesticadas, como a palmeira babaçu, estudos com a finalidade de quantificar a diversidade genética e determinar sua magnitude, a partir de métodos de estimativas de parâmetros genéticos podem contribuir na seleção de indivíduos e na caracterização de populações naturais que apresentem características interessantes, contribuindo para maximização de ganho de seleção, e até desenvolvimento de cultivares.

A metodologia REML/BLUP é amplamente utilizada em estudos genéticos e para palmeiras, como o babaçu, que é uma espécie perene de alta variabilidade genética, constitui-se uma ferramenta que pode contribuir. Pois é baseada na estimativa dos componentes de variância pela abordagem de máxima verossimilhança residual (REML), combinada com a melhor previsão linear imparcial (BLUP) para predição de valores genéticos e seleção. Isto pode proporcionar estimativas e estudos de controle genético de características e identificar genótipos superiores (Carderalli et al. 2013).

Em estudos de plantas em domesticação, análises biométricas podem ser úteis para avaliação da variabilidade genética intra e interpopulações, que pode permitir diferenciar espécies de um mesmo gênero, contribuir nas relações entre os diferentes genótipos e fatores ambientais (Guedes et al., 2015). Estudos de diversidade baseados em características reprodutivas de frutos de *Bactris gasipaes* Kunth (Yokomizo, Farias Neto, 2003), *Acrocomia aculeata* (Batista et al., 2019), *Cocos nucifera* L. (Sobral et al., 2019), *Astrocaryum aculeatum* Meyer (Corrêa, Silva, Mariquele, 2020), *Elaeis guineensis* (Gomes Junior et al., 2021) e morfologia de plantas, tais como *Euterpe oleracea* (Farias Neto et al., 2008), *Jatropha curcas* L. (Juhász et al., 2010), *Copernicia prunifera* (Almeida Vieira et al., 2015), *Attalea* spp (Mata et al. 2019), podem ainda fornecer um conhecimento sobre as melhores combinações dessas características e seleção de materiais genéticos individuais ou populacionais as quais podem ser desejáveis.

A fim de contribuir na domesticação e pré-melhoramento do babaçu, espécie de grande importância socioeconômica e ambiental para regiões do norte e nordeste brasileiro, em particular ao estado do Maranhão, objetivou-se estimar parâmetros relacionados ao controle genético de características de fruto e selecionar genótipos ou populações superiores para produção de mesocarpo de coco babaçu.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização das populações

As prospekções e coletas foram realizadas em cinco municípios do estado do Maranhão: São Luís, Cantanhede, Coroatá, Viana e Buritirana, no período de outubro a novembro de 2021 (Figura 1). Os parâmetros meteorológicos e climáticos nos municípios estudados indicam clima quente e úmido. Nos meses de outubro e novembro apresentavam período climatológico designado de pré-estação chuvosa, ou período transitório da estação seca para chuvosa (NUGEO/UEMA, 2022).

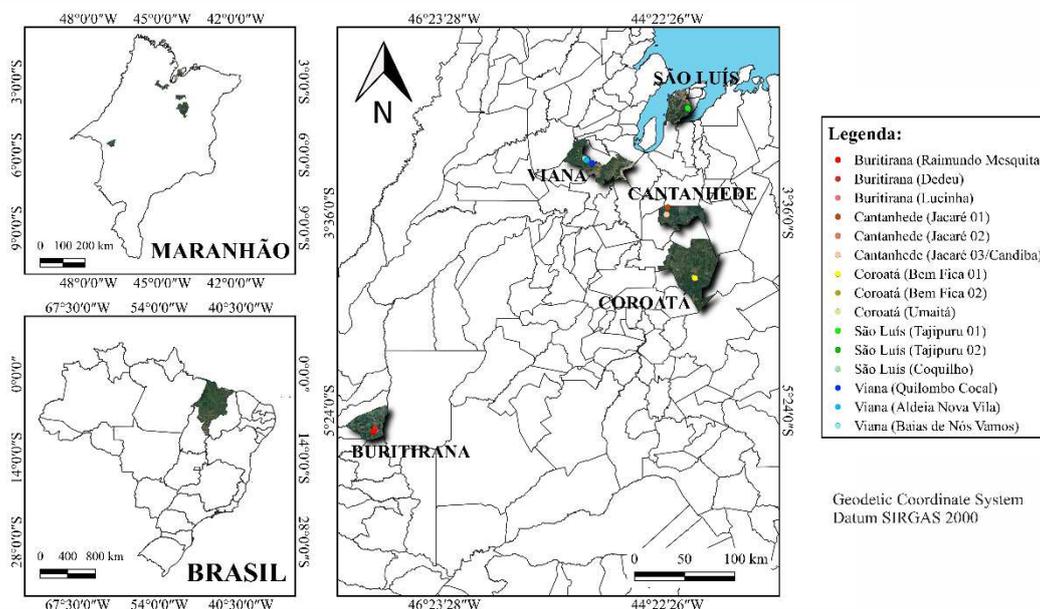


Figura 1. Localização das populações amostrais de *Attalea speciosa* nos cinco municípios, Maranhão, Brasil. A distribuição espacial das áreas amostrais está indicada por pontos coloridos.

Em cada município foram analisadas três áreas de populações naturais distintas de *Attalea speciosa* com diferentes características ambientais e de uso (Tabela 1) e com distância mínima de 500 m entre as áreas. Em cada área amostral foram analisados 10 indivíduos com distância mínima entre plantas de 5 m, numa amostragem do tipo aleatória simples, totalizando 150 indivíduos, devidamente georreferenciados com GPS e Trex 10.

Tabela 1. Localização e caracterização das áreas pesquisadas.

| Município | Mesorregião/ Microrregião | Área pesquisada | Vegetação predominante e situação de uso |
|------------------|--|----------------------------------|---|
| Buritirana | Oeste Maranhense/ Imperatriz | Propriedade do Raimundo Mesquita | Cultivo de mandioca |
| | | Propriedade de Dedeu | Pastagem de pecuária bovina extensiva |
| | | Propriedade de Lucinha | Pastagem de pecuária em área degradada |
| Cantanhede | Mesorregião do Norte Maranhense/Itapecuru Mirim | Comunidade Jacaré | Floresta secundária |
| | | Comunidade Jacaré | Pastagem de pecuária bovina extensiva |
| | | Comunidade Candiba | Cultivo de mandioca/Floresta secundária |
| Coroatá | Mesorregião do Leste Maranhense/Codó | Povoado Bem Fica | Pastagem de pecuária bovina extensiva |
| | | Povoado Bem Fica | Pastagem de pecuária bovina extensiva |
| | | Povoado Umaitá | Reserva nativa |
| São Luís | Mesorregião do Norte Maranhense/Aglomeracão Urbana de São Luís | Tajipurú | Cultivo de açaí |
| | | Tajipurú | Área de brita/Reserva nativa |
| | | Coquilho 2 | Capoeira/cultivo de hortaliças |
| Viana | Mesorregião do Norte Maranhense/Baixada Maranhense | Quilombo Cocal | Trilha em reserva nativa |
| | | Aldeia Nova Vila | Cultivo de hortaliças/Reserva nativa |
| | | Baias Nós Vamos | Floresta secundária |

2.2 Análises realizadas

Realizaram-se análises morfológicas em estágio reprodutivo, as quais englobaram o número de cachos/planta (N/P, unidade), número de frutos/cacho (N/CH, unidade), altura da planta (ALT, em m), circunferência do estipe ao nível do solo (CIES, em cm), circunferência do estipe ao nível do peito (CIEST, em cm), comprimento do fruto (CPFR, em cm), largura do fruto (LFR, em mm), peso médio do fruto (PFR, em g), comprimento da amêndoa (CAM, em mm), largura da amêndoa (LAM, em mm), peso médio da amêndoa (PAM, em g) e peso médio do mesocarpo (PMES, em g). Foram coletados dez frutos por planta para determinação dos seus parâmetros.

A contagem dos frutos por cacho foi feita de forma manual dos cachos descidos para uma estimativa total de frutos/planta. Para a determinação da altura da planta utilizou-se o Clinômetro 1000LH da Opti-Logic que também permitiu determinar a distância média entre plantas de 5m. As plantas medidas foram identificadas com placas grifadas à lápis. Para a determinação da altura de estipe em relação à altura do peito e no nível do solo, usou-se uma trena de 20m. A dimensão do fruto e suas amêndoas foi realizada com auxílio de paquímetro digital.

Os frutos foram acondicionados em sacos de nylon de 60 kg, identificados e conduzidos para a Associação das Mulheres Quebradeiras de Coco do Povoado Candiba, município de Cantanhede/MA, para extração do mesocarpo e amêndoas. A extração foi realizada em equipamento para a “quebra” do coco e divisão das suas partes.

O mesocarpo foi acondicionado em saco plástico identificado por área/município, pesado e armazenado no Laboratório de Fitotecnia e Pós-colheita (LAPOC) na Universidade Estadual do Maranhão, em condições de temperatura controlada à 10°C.

2.3 Estimativa de Parâmetros Genéticos

As estimativas dos parâmetros genotípicos foram obtidas pela metodologia de modelos

mistos, procedimento REML (Máxima Verossimilhança Restrita)/BLUP (Melhor Predição Linear Imparcial) e análise de desvio (Anadev) (Resende, Silva, Azevedo, 2014), seguindo o modelo abaixo:

$$y = Xu + Zg + e_2,$$

onde: y é o vetor de dados observados, Z é o vetor de efeitos fixos (média geral), g é o vetor de efeito aleatório de efeitos genotípicos totais, e é o vetor de erros ou resíduos (aleatórios).

Para classificação das magnitudes da herdabilidade e acurácia seletiva foram utilizados os parâmetros conforme Resende (1997) (Tabela 2).

Tabela 2. Classificação das magnitudes da herdabilidade e acurácia seletiva utilizados para estimativa dos parâmetros genéticos de *Attalea speciosa*.

| Acurácia seletiva | Classificação das magnitudes da herdabilidade individual | Classificação das magnitudes da acurácia para seleção de indivíduos |
|-------------------|--|---|
| 0,51 | Baixa | Baixa |
| 0,55 | $0,01 \leq h_a^2 \leq 0,15$ | $0,10 \leq r_{aa} \leq 0,40$ |
| 0,58 | | |
| 0,61 | Média ou | Média ou |
| 0,66 | Moderada | moderada |
| 0,71 | $0,15 < h_a^2 < 0,50$ | $0,40 < r_{aa} < 0,70$ |
| 0,76 | Alta | Alta |
| 0,80 a 0,95 | $h_a^2 \geq 0,50$ | $r_{aa} \geq 0,70$ |

2.3.1 Índice de seleção

Os valores genotípicos previstos foram utilizados para calcular o índice de seleção, com base na soma de “ranks” para classificar os genótipos em relação a cada caráter (Mulamba, Mock 1978). A partir desta classificação, foram somados os valores de cada característica para os acessos, resultando em um valor geral considerado como o índice de seleção (Cruz, Carneiro

2006).

2.3.2 Análises estatísticas

Para a realização das análises estatísticas foi utilizado o software SELEGEN-Reml/Blup (Sistema Estatístico e Seleção Genética Computadorizada por Modelos Lineares Mistos) - versão 2016, modelo nº 83 (Resende 2016).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Parâmetros Genéticos

Dentre os parâmetros que contribuem para a detecção de variabilidade genética em uma população, cabe destacar o “coeficiente de variação relativa (CVr)”, obtido pela relação entre os coeficientes de variação genética e experimental, não influenciado, portanto, pela média do caráter. Os resultados obtidos para algumas características estudadas indicam a presença de variabilidade genética entre os genótipos de babaçu. Para LFR, PFR e PMES, os valores do CVr foram superiores (1,47, 1,34 e 1,15 respectivamente), indicando a presença de maior variação genética disponível para a seleção de genótipos de babaçu promissores com base nessas três características (Tabela 3).

Tabela 3. Estimativas de parâmetros genéticos obtidos da análise em palmeiras babaçu (*Attalea speciosa*), nativas do estado do Maranhão. Variáveis morfológicas: número de cachos (N/CH), números de frutos/cacho (FR/CH); circunferência do estipe nível peito (CIEST), altura (ALT), comprimento do fruto (CPFR), largura do fruto (LFR), peso médio do fruto (PFR), comprimento da amêndoa (CAM), peso médio da amêndoa (PAM) e peso médio do mesocarpo (PMES).

| Parâmetros | N/CH | FR/CH | CIEST | ALT | CPFR | LFR | PFR | CAM | PMES |
|------------|------|----------|-------|------|-------|-------|---------|-------|--------|
| Vg | 1,50 | 11054,36 | 0,01 | 2,42 | 16,35 | 45,2 | 2123,9 | 3,50 | 192,5 |
| Ve | 6,53 | 14888,14 | 0,13 | 6,83 | 46,78 | 20,78 | 1177,12 | 15,21 | 143,81 |
| Vf | 8,04 | 25942,5 | 0,14 | 9,26 | 63,13 | 65,99 | 3301,03 | 3,06 | 336,31 |

| | | | | | | | | | |
|----------------------------------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|
| CVr | 0,48 | 0,86 | 0,28 | 0,60 | 0,60 | 1,47 | 1,34 | 0,48 | 1,15 |
| h²_g | 0,19 | 0,43 | 0,11 | 0,26 | 0,25 | 0,69 | 0,64 | 0,19 | 0,57 |
| Acurácia | 83,62 | 87,50 | 79,00 | 85,00 | 85,46 | 89,00 | 88,33 | 83,60 | 88,35 |
| M | 5,23 | 379,18 | 1,15 | 9,83 | 84,96 | 55,6 | 142,10 | 38,63 | 37,21 |

Vg: variância genotípica entre indivíduos; Ve: variância residual; Vf: variância fenotípica individual; CVr: coeficiente de variação relativa; h²_g: herdabilidade de plantas individuais no sentido amplo; M: média geral do experimento.

As características LFR, PFR e PMES apresentaram valores de herdabilidade no sentido amplo “altas” (maiores que 50%) e acurácia seletiva em todos os parâmetros foi alta (maiores que 80%) atestando sua precisão e confiança nos valores genéticos estimados (Tabela 3). Os parâmetros de dimensão do fruto e peso do mesocarpo de coco babaçu (Tabela 3), apresentaram características de produtividade que mais contribuíram na identificação e seleção de genótipos superiores para a indicação de indivíduos com maior rentabilidade na produção de mesocarpo. A acurácia seletiva é um importante parâmetro a ser estimado, pois apresenta uma correlação entre os valores genéticos verdadeiros e preditos, e quanto maior o seu valor, mais pleno é a confiança na avaliação dos indivíduos, de acordo com a classificação da herdabilidade e acurácia em termos de magnitude e suas associações (Resende, 1997, Pivetta et al. 2020).

As características N/CH, FR/CH, ALT, CPF e CAM apresentaram herdabilidades no sentido amplo consideradas “moderadas” (entre 15 e 50%), e acurácias significativas e elevadas (acima de 80%). Tais resultados caracterizam um considerável controle genético destas características, o que indica vantagem em realizar seleção utilizando estas características, portanto, grande possibilidade de serem transmitidas para gerações futuras, no contexto de programas de melhoramento genético de palmeiras babaçu.

Manfio et al. (2011) em estudo com 51 progênies de *Acrocomia aculeata* Jacq. apresentou um coeficiente de determinação próximo de 90%. Acurácias acima de 70% foram encontrados em

estudo com *Bactris gasipaes* KUNTH, realizado em Londrina-PR e encontraram herdabilidade entre 25 a 30% (Kalil Filho, Sturion, Santos, 2004). Neves (2021) ao caracterizar populações de *Syagrus coronata* (MART.) BECC. encontraram estimativas dos coeficientes de determinação com 90% de acurácia, a partir das avaliações de três frutos por cacho.

Segundo Resende (2007), pelo menos seis repetições são necessárias para caracteres de produção $h_i^2 < 40\%$. Neste estudo realizaram-se 10 repetições/área estudada. Para Maia et al. (2009), a aplicação de um número adequado de repetições nos experimentos é determinante para reduzir a variação fenotípica entre as médias dos indivíduos.

Apenas, a característica CUEST apresentou herdabilidade no sentido amplo considerada “baixa”, porém significativa. E acurácia elevada, o que indica confiabilidade nos valores genéticos estimados. Salienta-se, nas coletas de dados, alguns estipes de babaçu apresentavam-se afetados por queimadas, o que pode ter influenciado na resposta desta característica. Rizzini e Garay (2004) esclarecem sobre presença maciça de espécies secundárias em áreas pós queimadas, a exemplo das palmeiras de babaçu, e sua resistência ao fogo (Porro, 2012).

Em futuros programas de melhoramento para essa palmeira, estabelecer critérios de seleção com base nas características aqui estudadas, e com herdabilidades significativas, indica segurança na seleção dos genótipos de babaçu. Farias Neto, Clement e Resende (2013) relataram em seu trabalho que o caráter peso total do cacho em pupunheira (*Bactris gasipaes*) apresentou herdabilidade individual acima de 20%, tal como Resende (2002) para a mesma cultura. Em estudo realizado com dendê (*Elaeis guineensis* Jacq.) no município de Moju (PA) encontraram-se altos valores de herdabilidade das progênies (Gomes Junior et al., 2021). Manfio et al. (2012) ao estudar parâmetros para macaúba (*Acrocomia aculeata*), encontraram altos coeficientes de herdabilidade individual no sentido restrito de 87% para o parâmetro de crescimento de planta.

Resultados da Análise de Deviance (AnaDev) demonstraram a importância das características selecionadas como importantes para seleção de materiais genéticos (Tabela 4). A AnaDev permitiu detectar diferença significativa para maioria das características, com exceção da largura de amêndoa, indicando uma alta variação, o que demonstra a possibilidade de obtenção de ganhos genéticos mediante a seleção dessas características.

Tabela 4. Análise de Deviance (Anadev) para as variáveis morfológicas avaliadas em palmeiras babaçu (*Attalea speciosa*) nativas do estado do Maranhão.

| Variável | Efeito | Deviance | LRT |
|---|-----------------|----------|-----------------|
| Número de cachos | Clones | 459,06 | 17,15*** |
| | Modelo Completo | 441,91 | |
| Número de frutos/cacho | Clones | 1655,49 | 57,25*** |
| | Modelo Completo | 1598,24 | |
| Circunferência da estipe nível do solo | Clones | -137,81 | 4,54** |
| | Modelo Completo | -142,35 | |
| Circunferência da estipe a altura do peito | Clones | -171,01 | 7,43*** |
| | Modelo Completo | -178,44 | |
| Altura | Clones | 477,95 | 27,65*** |
| | Modelo Completo | 450,30 | |
| Comprimento do fruto | Clones | 763,95 | 27,2*** |
| | Modelo Completo | 736,75 | |
| Largura do fruto | Clones | 756,93 | 134,85*** |
| | Modelo Completo | 622,08 | |
| Peso do fruto | Clones | 1341,27 | 117,67*** |
| | Modelo Completo | 1223,6 | |
| Comprimento da amêndoa | Clones | 585,06 | 16,45*** |
| | Modelo Completo | 567,95 | |
| Largura da amêndoa | Clones | 320,86 | 0 ^{NS} |
| | Modelo Completo | 320,86 | |
| Peso da amêndoa | Clones | 693,03 | 4,51** |
| | Modelo Completo | 688,52 | |
| Peso do mesocarpo | Clones | 1003,3 | 94,11*** |
| | Modelo Completo | 909,19 | |

Qui-quadrado tabelado: 2,71; 3,84 e 6,63 para os níveis de significância 10, 5 e 1%, respectivamente;

*, **, *** significativo a 1; 5 e 10% de probabilidade pelo teste Qui-quadrado, com 1 grau de liberdade. NS=não significativo

As correlações genotípicas de maiores valores positivos foram encontradas entre a largura do fruto e peso de fruto (0,99), peso de fruto e peso de mesocarpo (0,95) e comprimento de fruto

com largura de fruto, peso de fruto e mesocarpo (0,91). O mesmo valor foi encontrado entre os parâmetros de largura de fruto e peso de mesocarpo (0,91) (Tabela 5). Esse resultado indica que a dimensão do fruto tem influência direta no peso do fruto e, conseqüentemente, no peso de mesocarpo, facilitando no processo de seleção de indivíduos com características de produção agroextrativista.

Isto valida o que os extrativistas já visualizavam em campo, que preferem maiores frutos pois geram maiores rendimentos produtivos para amêndoas e mesocarpo. Faria Neto et al. (2008) encontraram correlação genética positiva no peso total de frutos de açai (*Euterpe oleracea* Mart.). No estado do Pará. Marçal et al. (2015) encontraram correlação positiva para peso de fruto de juçara (*Euterpe edulis* Mart.) no estado do Espírito Santo.

Tabela 5. Matriz de correlação genética para seis características de frutos de palmeiras babaçu nativas do estado do Maranhão (*Attalea speciosa*).

| Característica | N/CH | FR/CH | CPFR | LFR | PFR | PMES |
|-----------------------|-------------|--------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| N/CH | 1.00 | 0.37* | -0.28 ^{ns} | -0.48 ^{ns} | -0.37 ^{ns} | -0.08 ^{ns} |
| FR/CH | | 1.00 | -0.80 ^{ns} | -0.82 ^{ns} | -0.84 ^{ns} | -0.77 ^{ns} |
| CPFR | | | 1.00 | 0.91* | 0.91* | 0.91* |
| LFR | | | | 1.00 | 0.99* | 0.91* |
| PFR | | | | | 1.00 | 0.95* |
| PMES | | | | | | 1.00 |

^aVariáveis analisadas: (N/CH) = número de cachos. FR/CH = número de frutos por cacho. CPFR = comprimento do fruto. LFR = largura do fruto. PFR = peso do fruto. CPAM = comprimento da amêndoa. PMES = peso do mesocarpo.

*significativo a 5% pelo teste t, ns – não significativo.

Na avaliação pelo índice de *rank* médio dos municípios maranhenses em que foram coletados os dados das populações de babaçu, pode-se classificar aqueles que apresentaram melhores combinações para as características estudadas. Segundo a classificação de Mulamba e Mock (1978), com base nas médias do *rank*, o valor mais baixo indica uma posição mais favorável das características avaliadas. Por sua vez, um maior valor indica uma combinação desfavorável (Tabela 6). Trabalhos com palmáceas utilizando a avaliação pelo índice de *rank* médio (Faria Neto et al. 2013; Simiqueli et al. 2018) e em outras culturas agrícolas (Rocha,

Machado, Carneiro 2018; Woyann et al. 2019) demonstraram considerável variabilidade genética, favorecendo os programas de melhoramento.

Tabela 6. Classificação com base na soma de *ranks* de palmeiras babaçu nativas do estado do Maranhão (*Attalea speciosa*) para as variáveis morfológicas número de cachos (N/CH), números de frutos/cacho (FR/CH); comprimento do fruto (CPFR), largura do fruto (LFR), peso do fruto (PFR) e peso do mesocarpo (PMES).

| | Genótipo | N/CH | FR/CH | CPFR | LFR | PFR | PMES | Rank Médio |
|----|-----------------|-------------|--------------|-------------|------------|------------|-------------|-------------------|
| 1° | Coroatá | 1 | 3 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1,83 |
| 2° | Buritirana | 5 | 5 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2,5 |
| 3° | São Luís | 4 | 1 | 4 | 3 | 3 | 4 | 3,16 |
| 4° | Viana | 2 | 4 | 3 | 4 | 4 | 3 | 3,33 |
| 5° | Cantanhede | 3 | 2 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4,16 |

Os municípios de Coroatá e Buritirana assumiram as primeiras posições na média do *ranking*. Esses resultados indicam que estes municípios possuem plantas com boas características morfológicas de produção, em termos de peso e dimensão de frutos. Outro fator importante, é que nesses municípios, as áreas escolhidas para a pesquisa eram locais bastante antropizados (cultivo de mandioca, pastagens extensivas, áreas degradadas, capoeiras, florestas secundárias), onde o babaçu predomina.

Gehring et al. (2011) afirmaram que o babaçu torna-se dominante em áreas afetadas por queimadas constantes e terras degradadas, sendo uma espécie bastante tolerante às práticas de corte e queima da agricultura tradicional. Porém, é importante ressaltar que os municípios escolhidos, especialmente distribuídos em diferentes microrregiões do estado (Tabela 1), e suas respectivas áreas de coletas, não apresentaram características de cobertura vegetal padrão, sendo uma escolha aleatória.

Os municípios que estão em posições menores do *rank*, geralmente apresentam suas áreas localizadas em reserva natural e/ou protegida, fator que pouco favorece na produtividade das palmeiras de babaçu (Figura 2).



Figura 2. Aspecto geral dos frutos coletados nos municípios de Buritirana (A), Cantanhede (B), Coroatá (C), São Luís (D) e Viana (E). Barra: 1 cm.

Este estudo é o primeiro relato sobre o controle genético de características produtivas de babaçu, e por ser inédito, oportuniza a seleção dos melhores indivíduos que apresentam produção de frutos e mesocarpo superiores, não só pelas suas localidades, mas principalmente, pelas suas características morfológicas. No entanto, estudos para fins de conservação e futuros programas de melhoramento genético, são necessários para acelerar os avanços na domesticação dessa palmeira, vislumbrando a seleção de genótipos superiores e o desenvolvimento de tecnologias, para que no futuro haja uma exploração racional e sustentável para a espécie.

4. CONCLUSÃO

As populações de babaçu apresentam alta variabilidade genética. A “largura de fruto”, “peso de fruto” e “peso do mesocarpo” tiveram maiores herdabilidades e acurácias, portanto, demonstraram maior controle genético. O “peso do fruto” e “peso médio do mesocarpo” foram as indicadas para realização de correlação genotípica. Populações provenientes dos

municípios de Coroatá e Buritirana foram as selecionadas como as de melhores características para produção de frutos e mesocarpo de babaçu.

REFERÊNCIAS

- Almeida Vieira, F., de Sousa, R. F., Silva, R. A. R., Fajardo, C. G., & Molina, W. F. (2015). Diversidade genética de *Copernicia prunifera* com o uso de marcadores moleculares ISSR. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 10(4), 525-531.
- Arruda, L. C. G. (2012). Estudo Fitoquímico em Farinha do Mesocarpo do Babaçu (*Orbignya phalerata* Mart, Arecaceae). In *I Congresso de Iniciação Científica PIBIC/CNPq-PAIC/FAPEAM*.
- Batista, V. A., Laviola, T. B. R., de Araujo, L. N., & Laviola, B. (2019). Estimativas de Parâmetros Genéticos em Famílias Segregantes de Macaúba. In: CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA E INOVAÇÃO DE BIODIESEL, 7., 2019, Florianópolis. Empreendedorismo e inovação: construindo um futuro competitivo para o biodiesel: anais. Florianópolis, SC: Rede Brasileira de Tecnologia e Inovação De Biodiesel, 2019.
- Carrazza, L. R., Ávila, J. C. C., & Silva, M. L. D. (2012). Manual tecnológico de aproveitamento integral do fruto e da folha do Babaçu. Brasília – DF. Instituto Sociedade, População e Natureza (ISPN). Brasil.
- Carderalli, A., da Costa, R. B., de Almeida Azevedo, L. P., Ribeiro, E. S., Batista, B. M. F., & de Melo, R. A. T. (2013). Seleção precoce em progênies de meios irmãos de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. via metodologia reml/blup Early selection in progenies of *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. by methodology reml/blup. *Ambiência*, 9(3), 605-617.
- Corrêa, L. D. J., Carvalho da Silva, L., & Mariguele, K. H. (2020). Parâmetros genéticos de uma população de *Astrocaryum aculeatum* Meyer de ocorrência natural em área de pastagem em Roraima–Brasil. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 119.
- Cruz, C. D.; Carneiro, P.C.S. (2006). Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético, Viçosa: UFV.
- Farias Neto, J. T. D., Resende, M. D. V. D., Oliveira, M. D. S. P. D., Nogueira, O. L., Falcão, P. N. B., & Santos, N. S. A. D. (2008). Estimativas de parâmetros genéticos e ganhos de seleção em progênies de polinização aberta de açaizeiro. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 30, 1051-1056.
- Farias Neto, J. T. D., Clement, C. R., & Resende, M. D. V. D. (2013). Estimativas de parâmetros genéticos e ganho de seleção para produção de frutos em progênies de polinização aberta de pupunheira no Estado do Pará, Brasil. *Bragantia*, 72, 122-126.
- Fakhouri, F. M., da Silva, L. R., & Velasco, J. I. (2021). *Attalea speciosa* (*Orbignya phalerata*). *Fruits of the Brazilian Cerrado: Composition and Functional Benefits*, 125-139.
- Gehring, C., Zelarayán, M. L. C., Almeida, R. B., & Moraes, F. H. R. (2011). Allometry of the babassu palm growing on a slash-and-burn agroecosystem of the eastern periphery of Amazonia. *Acta Amazonica*, 41(1), 127-134.
- Gomes Junior, R. A., Freitas, A. F. D., Cunha, R. N. V. D., Pina, A. J. D. A., Campos, H. O. B., & Lopes, R. (2021). Ganhos de seleção para a produção de óleo de palma em progênies de caiaué com dendê. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 56.
- Guedes, M. L., Ferreira, P. H. G., Santana, K. N. O., Pimenta, M. A. S., & Ribeiro, L. M. (2015). Fruit morphology and productivity of babassu palms in northern Minas Gerais state, Brazil. *Revista Árvore*, 39, 883-892.
- Juhász, A. C. P., Morais, D. D. L. B., Soares, B. O., Pimenta, S., de Oliveira Rabello, H., & de Resende, M. D. V. (2010). Parâmetros genéticos e ganho com a seleção para populações de pinhão manso (*Jatropha curcas*). *Pesquisa Florestal Brasileira*, 30(61), 25-25.

- Kalil Filho, A. N., Sturion, J. A., & dos Santos, A. F. (2004). Pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth.) como componente de sistemas agroflorestais: seleção genética em Londrina e Morretes, Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 5., 2004, Curitiba. SAFs: desenvolvimento com proteção ambiental: anais. Colombo: Embrapa Florestas, 2004. p. 357-359.
- Maia, M. C. C., de Resende, M. D. V., de Paiva, J. R., Cavalcanti, J. J. V., & de Moura Barros, L. (2009). Seleção simultânea para produção, adaptabilidade e estabilidade genotípicas em clones de cajueiro, via modelos mistos. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 43-50.
- Manfio, C. E., Motoike, S. Y., de Resende, M. D. V., dos Santos, C. E. M., & Sato, A. Y. (2012). Avaliação de progênies de macaúba na fase juvenil e estimativas de parâmetros genéticos e diversidade genética. *Pesquisa Florestal Brasileira*, 32(69), 63-63.
- Manfio, C. E., Motoike, S. Y., Santos, C. E. M. D., Pimentel, L. D., Queiroz, V. D., & Sato, A. Y. (2011). Repetibilidade em características biométricas do fruto de macaúba. *Ciência Rural*, 41, 70-76.
- Marçal, T. D. S., Ferreira, A., Oliveira, W. B. D. S., Guilhen, J. H. S., & Ferreira, M. F. D. S. (2015). Correlações genéticas e análise de trilha para caracteres de fruto da palmeira juçara. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 37, 692-698.
- Mata, L., Cavallari, M., Azevedo, V., & Moretzsohn, M. (2019). Estrutura genética de populações de babaçu das espécies *Attalea speciosa*, *A. barreirensis*, *A. eichleri* no Estado do Maranhão, Brasil. In *Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia-Resumo em anais de congresso (ALICE)*. Journal of Basic & Applied Genetics, Buenos Aires, v. 30, n. 1, p. 249, 2019.
- Moura, L. H. L., & Straatmann, J. (2018). The amazon rainforest traditional agroecological gathering systems and policies for it in Brazil: the case of Brazil nut. *Perspectives on Biodiversity of India*, 271.
- Mulamba, N. N., & Mock, J. J. (1978). Improvement of yield potential of the ETO blanco maize (*Zea mays* L.) population by breeding for plant traits [Mexico]. *Egyptian Journal of genetics and Cytology*.
- Neves, G. F. (2021). Caracterização de populações naturais de Licuri, *Syagrus coronata* (Mart.) Becc.(Areacaceae): Pré-melhoramento e conservação da espécie. 79 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- Núcleo Geoambiental (NUGEO/UEMA) (2022). Previsão climática no trimestre novembro, dezembro de 2021 e janeiro de 2022 para o Estado do Maranhão. Disponível em: <https://www.nugeo.uema.br/wp-content/uploads/2021/11/Previs%C3%A3o-climatica-08-ND-21-J-22.pdf> Acesso em: 29 ago. 2022
- Pereira, C. E. G. (2019). *Narrativas cartográficas sobre o agroextrativismo do babaçu em Arajara, Barbalha (CE)*. Master's Dissertation, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, University of São Paulo, São Paulo. doi:10.11606/D.8.2019.tde-14082019-103030. Retrieved 2023-05-04, from www.teses.usp.br.
- Pivetta, R. C., Rodrigues-Silva, C., Ribeiro, A. R., & Rath, S. (2020). Tracking the occurrence of psychotropic pharmaceuticals in Brazilian wastewater treatment plants and surface water, with assessment of environmental risks. *Science of the Total Environment*, 727, 138661.
- Porro, R. (2012). Lavoura-pecuária-floresta integradas em babaçuais: conhecimento e prática agroflorestal na pré-Amazônia. In *Embrapa Amazônia Oriental-Artigo em anais de congresso (ALICE)*. In: REUNIÃO ANUAL DA SBPC, 64., São Luis, 2012. Ciência, cultura e saberes tradicionais para enfrentar a pobreza. São Luís: SBPC: UFMA, 2012.
- Resende, M. D. V. (1997). Avanços da genética biométrica florestal. In: ENCONTRO SOBRE TEMAS DE GENÉTICA E MELHORAMENTO, 14., 1997, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: Esalq, p. 20-46.

- Resende, M. D. V., Silva, F. E., & Azevedo, C. F. (2014). Estatística matemática, biométrica e computacional: Modelos mistos, multivariados, categóricos e generalizados (REML/BLUP), inferência bayesiana, regressão aleatória, seleção genômica, QTL-GWAS, estatística espacial e temporal, competição, sobrevivência. *Viçosa: UFV*.
- Resende, M. D. V. (2002). *Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes*. Embrapa Informação Tecnológica, Colombo: Embrapa Florestas.
- Resende, M. D. V., & Duarte, J. B. (2007). Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 37(3), 182-194.
- Resende, M. D. V. (2016). Software Selegen-REML/BLUP: a useful tool for plant breeding. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 16, 330-339.
- Rizzini, C. M., & Garay, I. (2004). A esclerofilia foliar como indicador funcional do status da biodiversidade em Floresta Atlântica de Tabuleiros. *A Floresta Atlântica de Tabuleiros: diversidade funcional da cobertura arbórea*. 2ª ed. Vozes, Petrópolis, 35-50.
- Rocha, J. R. D. A. S. D. C., Machado, J. C., & Carneiro, P. C. S. (2018). Multitrait index based on factor analysis and ideotype-design: Proposal and application on elephant grass breeding for bioenergy. *Gcb Bioenergy*, 10(1), 52-60.
- Santos, A. M. D., Mitja, D., Miranda, I. D. S., Loisel, P., Delaître, E., & Demagistri, L. (2022). What is the influence of anthropogenic impact on the population structure of *Attalea speciosa* Mart. ex Spreng. in the Brazilian Amazonian region?. *Acta Botanica Brasilica*, 36.
- Simiqueli, G. F., de Resende, M. D. V., Motoike, S. Y., & Henriques, E. (2018). Inbreeding depression as a cause of fruit abortion in structured populations of macaw palm (*Acrocomia aculeata*): Implications for breeding programs. *Industrial Crops and Products*, 112, 652-659.
- Silva, N. de C., do Carmo Barros, E. K., Pereira, A. L. F., de Oliveira Lemos, T., & Abreu, V. K. G. (2019). Effect of Babassu (*Orbignya phalerata*) mesocarp flour on the sensorial properties and nutritional value of cookies. *Journal of Food and Nutrition Research*, 7(11), 805-809.
- Silva V.C., Barboza J.R., Richard P., Batista M.C.A., Veras K.S., Godinho J.W.L., Mesquita J.W.C., Mesquita L.S.S., Marinho F.M.M., & Ribeiro M.N.S. (2017). Identification of phenolic compounds by LC/MC-MS and antioxidant and antityroninase activities of the *Attalea speciosa* Mar. ex Spreng. Mesocarp. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*. 45:268-276.
- Sobral, K. M. B., Queiroz, M. A. D., Lima Neto, I. D. S., Oliveira, R. S. D., & Ramos, S. R. R. (2019). Is there genetic variability in dwarf coconut accessions preserved in Brazil?. *Revista Caatinga*, 32, 052-061.
- Souza, I. D. B., Dos Santos, M. F., Pereira, L. M., Sittolin, I., & Lima, P. D. C. (2009). Uso de marcadores RAPD e ISSR na análise da variabilidade genética de genótipos de babaçu (*Orbignya phalerata* Mart). In *Embrapa Meio-Norte-Artigo em anais de congresso (ALICE)*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 5., 2009, Guarapari. O melhoramento e os novos cenários da agricultura: anais. Vitória: Incaper, 2009.
- Woyann, L. G., Meira, D., Zdziarski, A. D., Matei, G., Milioli, A. S., Rosa, A. C., ... & Benin, G. (2019). Multiple-trait selection of soybean for biodiesel production in Brazil. *Industrial Crops and Products*, 140, 111721.
- Yokomizo, G. K. I., & Farias Neto, J. T. D. (2003). Caracterização fenotípica e genotípica de progênies de pupunheira para palmito. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 38, 67-72.

CAPÍTULO 3

Comunidade de Fungos Micorrízicos Arbusculares Associados às Populações de *Attalea speciosa* no Maranhão

Artigo escrito de acordo com as normas da revista “Acta Amazônica”

Comunidade de Fungos Micorrízicos Arbusculares Associados às Populações de *Attalea speciosa* no Maranhão

RESUMO

Queimadas repetidas e tempos de pousio cada vez menores na agricultura itinerante causam um ciclo retroativo degradante. A palmeira babaçu, considerando os seus aspectos ruderais, adequa-se bem a esses ambientes, devido à sua alta resiliência e grande poder de invasão de áreas perturbadas. Nesse contexto, os fungos micorrízicos arbusculares, auxiliam as palmeiras tropicais que geralmente possuem 'raízes finas' e parcialmente lignificadas que frequentemente formam forte associação micorrízica. Este trabalho visa avaliar a densidade e comunidade de FMA e sua estrutura taxonômica e funcional em áreas de babaçuais de cinco municípios do estado do Maranhão. As áreas amostrais utilizadas estão localizadas nos municípios de Buritirana, Viana, São Luís, Cantanhede e Coroatá. O estudo foi realizado em populações naturais de babaçu e as coletas foram realizadas no fim da época seca (outubro/2021) em 60 pontos amostrais. No laboratório de microbiologia do solo da UEMA os glomerosporos das amostras 0-20cm e os teores de glomalina facilmente extraível e total foram extraídos e feita a triagem para contagem, identificação das espécies de FMA. A abundância de glomerosporos variou de 44 a 214 para 50 cm de solo, com maior expressividade do município de Cantanhede. Os gêneros *Glomus* e *Acaulospora*, foram as de maiores predominância. *G. Glomerulatum* e *Glomus* sp foram as espécies mais abundantes apontando a uma grande uniformidade na comunidade de FMA nos municípios estudados. Os resultados sugerem uma forte associação micorrízica da palmeira babaçu, influenciando nos seus arredores, um mecanismo central possível no seu sucesso ecológico em áreas degradadas.

PALAVRAS-CHAVE: Glomerosporos; Hifas; Micorrizas; Ruderal; Solo

Community of Arbuscular Mycorrhizal Fungi Associated with Populations of *Attalea speciosa* in Maranhão

ABSTRACT

Repeated burning and shorter fallow times in shifting agriculture cause a degrading retroactive cycle. The babassu palm, considering its ruderal aspects, is well suited to these environments, due to its high resilience and great power to invade disturbed areas. In this context, arbuscular mycorrhizal fungi help tropical palms that generally have 'thin roots' and partially lignified that often form a strong mycorrhizal association. This work aims to evaluate the density and community of AMF and its taxonomic and functional structure in babassu areas of five municipalities in the state of Maranhão. The sample areas used are located in the municipalities of Buritirana, Viana, São Luís, Cantanhede and Coroatá. The study was carried out in natural babassu populations and the collections were carried out at the end of the dry season (October/2021) in 60 sampling points. In the laboratory of soil microbiology at UEMA, the glomerospores of the 0-20cm samples and the levels of easily extractable and total glomalin were extracted and sorted for counting, identification of AMF species. The abundance of glomerospores ranged from 44 to 214 for 50 cm of soil, with greater expression in the municipality of Cantanhede. The genera *Glomus* and *Acaulospora* were the most predominant. *G. Glomerulatum* and *Glomus* sp were the most abundant species, pointing to a great uniformity in the AMF community in the studied municipalities. The results suggest a strong mycorrhizal association of the babassu palm, influencing its surroundings, a possible central mechanism in its ecological success in degraded areas.

KEYWORDS: Glomerospores; Hyphae; Mycorrhizides; Ruderal; Soil

INTRODUÇÃO

Após o desmatamento da floresta madura biodiversa original, segue-se uma trajetória de degradação ambiental com queimadas repetidas e tempos de pousio espontâneo cada vez menores, em todo o ‘arco de desmatamento’ da Amazônia, como também em outras regiões tropicais (Lawrence et al. 2010; Jakovac et al. 2017). Os múltiplos ciclos de corte e queima reduzem a biodiversidade nestas capoeiras e favorece o domínio por uma ou poucas espécies ruderais, como a palmeira de babaçu (*Attalea speciosa* Mart.), típica da região de transição entre o cerrado, o semiárido nordestino e a mata amazônica e, com predomínio no estado do Maranhão (Oliveira et al. 2013). Os ‘babaçuais’ quase monoespecíficos, caracterizam-se por um forte rebroto após a agricultura itinerante, sustentado por significantes reservas de carboidratos e nutrientes em raízes grossas profundas (Liesenfeld e Viera 2018).

Os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) são organismos abundantes e ubíquos em todos os ambientes e podem formar associações mutualísticas com cerca de 74% de todas as espécies de plantas do planeta (Smith e Read 2008; van der Heijden et al. 2015). O principal papel dos FMA está relacionado à nutrição de plantas, pois quando associados às plantas hospedeiras aumentam a área da superfície da raiz e permitem maior capacidade de absorção de água e nutrientes (Nadeem et al. 2014), proporcionando principalmente benefícios nutricionais e adaptativos (Pedone-Bonfim et al. 2018).

Espécies exóticas invasoras (Ni et al. 2020; Laginhas e Bradley 2022) e também nativas superdominantes (Pivello et al. 2018) devem seu sucesso excessivo tanto pela boa adaptação ambiental e resiliência contra perturbações antrópicas (especialmente o fogo) (Silvério et al. 2020), como também por ‘feedbacks positivos planta-solo’ (ou Positive Plant:Soil Feedback -PSF) (Aldorfová et al. 2020; Gundale et al. 2019), no qual os FMA auxiliam essas espécies nos investimentos relativos em raízes finas (Ebert et al. 2021) e principalmente as palmeiras, que tipicamente possuem raízes lignificadas com poucos pêlos radiculares (Bouamrie et al. 2014). Lima et al. (2020) comprovaram correlação positiva entre a contagem de raízes finas de babaçu e a densidade de glomerosporos, enquanto Nobre et al. (2018) apontam a uma forte associação entre estes, ambos os mecanismos são adaptações chaves para aquisição de água e nutrientes dos solos degradados.

O estado do Maranhão apesar de estar entre os dez maiores estados do Brasil e ser o segundo maior território da região Nordeste (IBGE, 2014) apresenta uma grande deficiência nos estudos sobre FMA associado a babaçuais. Apenas um estudo é encontrado na literatura em que a ocorrência de 16 espécies de FMA é relatada (Nobre et al., 2018). O objetivo desse estudo foi quantificar e avaliar a comunidade de FMA em áreas com presença de babaçu em cinco municípios de regiões distintas do Maranhão.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O estudo foi realizado em populações naturais de babaçu localizadas nos municípios de Viana (3°13'S 45°14'O) mesorregião norte, Buritirana (5°35'S 47°01'O) mesorregião oeste maranhense, São Luís (2°31'S 44°18'O) mesorregião norte, Cantanhede (3°37'S 44°22'O) mesorregião norte e Coroatá (4° 07'S 44° 07'O) centro-leste do estado do Maranhão, Brasil. Segundo Köppen o clima das regiões são classificados respectivamente como tropical semiúmido, semitropical e equatorial.

Amostragem

As coletas foram realizadas no fim da época seca (outubro e novembro/2021), nos municípios de Viana, Coroatá, São Luís, Cantanhede e Buritirana, nos quais foram escolhidas três áreas com presença massiva de babaçu com distância mínima de 500 m entre áreas (Tabela 1). Em cada área foram selecionadas, de forma aleatória simples, quatro palmeiras obedecendo a uma distância de 20 m entre palmeiras avaliadas. Para a coleta foi realizado um quadrado nos arredores da palmeira e em cada vértice foram colhidas quatro amostras simples e posteriormente unidas gerando um total de quatro amostras de solo compostas (0-10 cm) por área e doze por município, totalizando em 60 amostras.

Tabela 1. Localização e caracterização das áreas pesquisadas.

| Município | Mesorregião/ Microrregião | Vegetação predominante e situação de uso da área coletada |
|------------|--|---|
| Buritirana | Oeste Maranhense/ Imperatriz | Cultivo de mandioca |
| | | Pastagem de pecuária bovina extensiva |
| | | Pastagem de pecuária em área degradada |
| Cantanhede | Mesorregião do Norte Maranhense/Itapecuru Mirim | Floresta secundária |
| | | Pastagem de pecuária bovina extensiva |
| | | Cultivo de mandioca/Floresta secundária |
| Coroatá | Mesorregião do Leste Maranhense/Codó | Pastagem de pecuária bovina extensiva |
| | | Pastagem de pecuária bovina extensiva |
| | | Reserva nativa |
| São Luís | Mesorregião do Norte Maranhense/Aglomeração Urbana de São Luís | Cultivo de açaí |
| | | Área de brita/Reserva nativa |
| | | Capoeira/cultivo de hortaliças |
| Viana | Mesorregião do Norte Maranhense/Baixada Maranhense | Trilha em reserva nativa |
| | | Cultivo de hortaliças/Reserva nativa |
| | | Floresta secundária |

As amostras de solo foram direcionadas ao Laboratório de Química do Solo e ao Laboratório de Microbiologia do Solo da Universidade Estadual do Maranhão, para extração dos glomerosporos.

Análise dos glomerosporos

O solo de cada amostra foi misturado dentro do saco para ficar homogêneo e retirado 50g de solo por amostra para realização do método de extração ou peneiramento úmido (Gerdemann; Nicolson, 1963) e centrifugação em sacarose (Jenkins, 1964). Em seguida foram quantificados em placa canaletada, com auxílio de estereomicroscópio (40x). Após a extração, os esporos foram separados em placas de Petri com auxílio de lupas e montados em lâminas com PVLG (álcool-polivinílico em lactoglicerol) e com PVLG + reagente de Melzer (1:1). Posteriormente, foram identificados morfologicamente no microscópio com auxílio de literatura (Schenck; Perez, 1988; Goto, 2009; Błaszowski et al., 2019) e demais referências, considerando a classificação proposta por Błaszowski *et al.* (2015); Corazon-Guivin *et al.* (2019); Oehl *et al.* (2011); Marinho *et al.* (2014); Sieverding *et al.* (2014); Tedersoo *et al.* (2018); Jobim *et al.* (2019); Goto e Jobim. (2020) e Wijayawardene *et al.* (2020).

Os tipos de camadas dos glomerosporos foram identificados segundo terminologia definida por Walker (1983) e Błaszowski (2012). Além disso, mais alguns critérios definidos por Gerdemann e Trappe, (1974) foram utilizados para identificação como: forma, coloração e dimensão dos esporos; forma de inserção da hifa no esporo, número, espessura e coloração das camadas da parede do esporo.

Avaliação das comunidades de FMA

As populações de FMA foram avaliadas em termos quantitativos e qualitativos a partir de dados como abundância e frequência de ocorrência na profundidade de 0-10 cm. As comunidades de FMA foram avaliadas pelos seguintes índices ecológicos: a) riqueza de espécies, representada pelo número de morfo-espécies, b) diversidade de Shannon, calculado pela fórmula: $H' = -\sum p_i \log p_i$, na qual p_i corresponde ao número de esporos de determinada espécie e p é o número total de esporos; e c) equabilidade de Pielou, calculado pela fórmula: $J' = H'/H'_{max}$, em que H' é o índice de Shannon, H'_{max} corresponde a $\log S$, e S é o número total de espécies numa comunidade amostrada (Ludwig e Reynolds 1988).

Análise estatística

Os dados de abundância de glomerosporos, não seguiram a normalidade, sendo necessário a transformação por meio de $\log x$ para alcance da normalidade (teste de Lilliefors). O programa estatístico utilizado foi o Assistat 7.7.

Os gráficos de densidade de glomerosporos foram construídos no programa Sigmaplot 10.0, Diagrama de Sankey no endereço <http://sankey-diagram-generator.acquireprocure.com/> e os Diagramas de Venn no endereço <http://bioinformatics.psb.ugent.be/webtools/Venn/>.

RESULTADOS

Abundância de glomerosporos

Os resultados apresentados na análise bifatorial da densidade total de glomerosporos não apresentaram significância para a interação entre municípios e áreas. Apenas o fator município apresentou diferença estatística significativa segundo teste de Tukey à 5% de significância.

A densidade de glomerosporos variou de 44 a 214 para 50g de solo entre os municípios estudados, com maior densidade observada no município de Cantanhede (190 propágulos.50g⁻¹ de solo), especialmente a área 02 deste município (213 propágulos.50g⁻¹ de solo). Não houve diferença estatística entre a área 01 de Buritirana com quantidade de glomerosporos encontrada em Cantanhede (181 propágulos.50g⁻¹ de solo) (Figura 1).

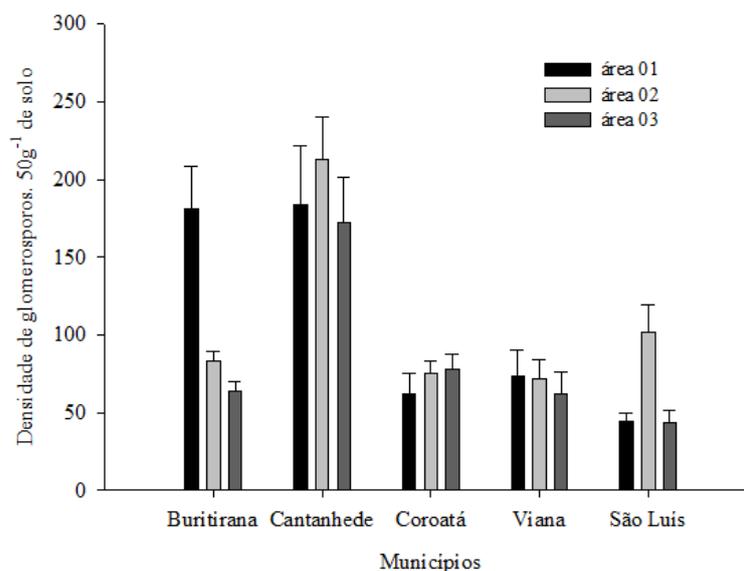


Figura 1. Densidade total de Glomerosporos em 50g de solo (0-10 cm), em 60 amostras provenientes de cinco municípios do Maranhão (5 cidades x 3 áreas x 4 repetições). As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si a 5% de nível de significância.

Através da avaliação do fator município, observou-se que Cantanhede exibiu maior densidade de glomerosporos (190 propágulos.50g⁻¹ de solo), seguida por Buritirana (97 propágulos.50g⁻¹ de solo). Por sua vez, Coroatá (71), Viana (69) e São Luís (63) não diferiram estatisticamente entre si (Figura 2).

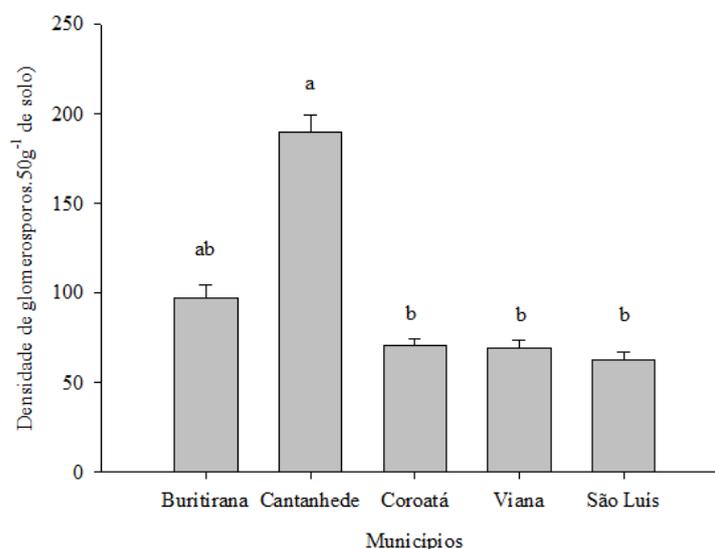


Figura 2. Densidade total de Glomerosporos em 50g de solo (0-10 cm), de amostras provenientes de cinco municípios do Maranhão. As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si a 5% de nível de significância.

Riqueza de espécies de FMA

Foram identificadas 32 espécies de FMA distribuídas em seis famílias (Acaulosporaceae, Dentiscutataceae, Gigasporaceae, Glomeraceae, Racocentraceae, Scutellosporaceae) e 11 gêneros (*Acaulospora*, *Cetraspora*, *Dentiscutata*, *Fuscutata*, *Funneliformis*, *Glomus*, *Gigaspora*, *Orbispora*, *Racocetra*, *Sclerocystis*, *Scutellospora*) ao

fim do período seco. Os gêneros com maior número de espécies foram *Glomus* (12) e *Acaulospora* (8) (Tabela 2).

Tabela 2. Ocorrência de espécies de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) nos municípios de Buritirana, Cantanhede, Coroatá, Viana e São Luís, MA, Brasil, durante o período seco (out. e nov/2021).

| Espécies de FMA | Municípios | | | | |
|--|------------|------------|---------|-------|----------|
| | Buritirana | Cantanhede | Coroatá | Viana | São Luís |
| Acaulosporaceae | | | | | |
| <i>Acaulospora excavata</i> ³ Ingleby & C. Walker | X | X | - | X | - |
| <i>A. foveata</i> ³ Trappe & Janos | - | - | X | X | - |
| <i>A. herrerae</i> ³ Furrázola, B.T.Goto, G.A.Silva, Sieverd. & Oehl | - | X | - | X | - |
| <i>A. morrowiae</i> ³ Spain & N.C. Schenck | X | X | X | X | X |
| <i>A. reducta</i> ³ Oehl, B.T. Goto & C.M.R. Pereira | - | X | X | - | - |
| <i>A. rehmi</i> ³ Sieverd. & S. Toro | X | X | - | X | X |
| <i>A. scrobiculata</i> ³ Trappe | X | X | - | X | X |
| <i>A.spinosa</i> ³ Walker & A. Schüssler | - | - | - | X | X |
| Glomeraceae | | | | | |
| <i>Funneliformis geosporum</i> ^{1*} (T.H. Nicolson & Gerd.) C. Walker & A. Schüssler | X | - | X | X | - |
| <i>Glomus glomerulatum</i> ^{1*} Sieverd. | X | X | X | X | X |
| <i>Gl. macrocarpum</i> ^{1*} Tul. & C. Tul. | X | X | X | - | X |
| <i>Gl. truffemii</i> ^{1*} B.T. Goto, G. A. Silva & Oehl | X | X | - | X | - |
| <i>Gl. spinuliferum</i> ¹ Sieverd. & Oehl | - | - | X | X | X |
| <i>Glomus sp (ambisporum)</i> ^{1*} G.S. Sm. & N.C. Schenck* | X | X | X | X | X |
| <i>Glomus sp1</i> ^{1*} Tul. & Tul. emend. Oehl, G. A. Silva & Siverd. | X | X | - | X | - |
| <i>Glomus sp2</i> ^{1*} Tul. & Tul. emend. Oehl, G. A. Silva & Siverd.* | - | - | - | X | - |
| <i>Glomus sp3</i> ¹ Tul. & Tul. emend. Oehl, G. A. Silva & Siverd. | X | - | - | X | X |
| <i>Glomus sp4</i> ¹ Tul. & Tul. emend. Oehl, G. A. Silva & Siverd. | - | - | - | X | - |
| <i>Glomus sp5</i> ¹ Tul. & Tul. emend. Oehl, G. A. Silva & Siverd. | - | X | X | X | - |
| <i>Glomus sp6</i> ¹ Tul. & Tul. emend. Oehl, G. A. Silva & Siverd. | X | X | X | X | X |
| <i>Glomus sp7</i> ¹ Tul. & Tul. emend. Oehl, G. A. Silva & Siverd. | X | X | - | - | - |
| <i>Sclerocystis sinuosa</i> ^{1*} Gerd. & B. K. Bakshi | X | - | - | - | X |
| Gigasporaceae | | | | | |
| <i>Gigaspora sp</i> ² Gerdemann & Trappe emend. Oehl, F.A. de Souza & Sieverd. | X | - | - | X | X |
| Racocetraceae | | | | | |
| <i>Cetraspora pellucida</i> ² (T.H. Nicolson & N. C. Schenck) Oehl, F.A. de Souza & Siverd. | - | X | - | - | - |
| <i>C. spinosissima</i> ² (C. Walker & Cuenca) Oehl, F.A. de Souza & Siverd. | - | X | - | - | - |
| <i>Racocetra sp</i> ² Oehl, F.A. de Souza & Siverd. | - | - | - | - | X |
| Dentiscutataceae | | | | | |
| <i>Dentiscutata scutata</i> ² (C. Walker & Dieder.) Sieverd., F.A. de Souza & Oehl | - | X | - | - | - |
| <i>Dentiscutata sp.</i> ² Sieverd., F.A. de Souza & Oehl | - | - | - | X | X |
| <i>Fuscutata heterogama</i> ² Oehl, F.A de Souza, L.C. Maia & Sieverd. | - | - | - | - | X |
| <i>F. savannicola</i> ² (R.A Herrera & Ferrer) Oehl, F.A. | - | X | - | X | X |

| | | | | | |
|--|----|----|----|----|----|
| de Souza & Sieverd. | | | | | |
| Scutellosporaceae | | | | | |
| <i>Scutellospora calospora</i> ² (T.H. Nicolson & Gerd.) C. | - | - | X | - | - |
| Walker & F.E. Sanders | | | | | |
| <i>Orbispora pernambucana</i> ² (Oehl, D.K. Silva, N. Freitas, L.C. Maia) Oehl, G.A. Silva & D.K. Silva | - | - | - | X | - |
| | 15 | 17 | 11 | 22 | 16 |

*espécie esporcárpica. ¹r estrategista, ²K estrategista, ³estratégia de vida indefinida

Os gêneros *Glomus* e *Acaulospora* têm ocorrência em todos os cinco municípios avaliados, enquanto *Cetraspora*, *Racocetra*, *Scutellospora* e *Orbispora* ocorrem em apenas uma das cidades. Os demais gêneros possuem registro em mais de um município. Viana é a cidade que apresentou maior riqueza de espécies de FMA (22), seguida por Cantanhede (17), São Luís (16), Buritirana (15) e Coroatá com apenas 11 espécies registradas (Figura 3).

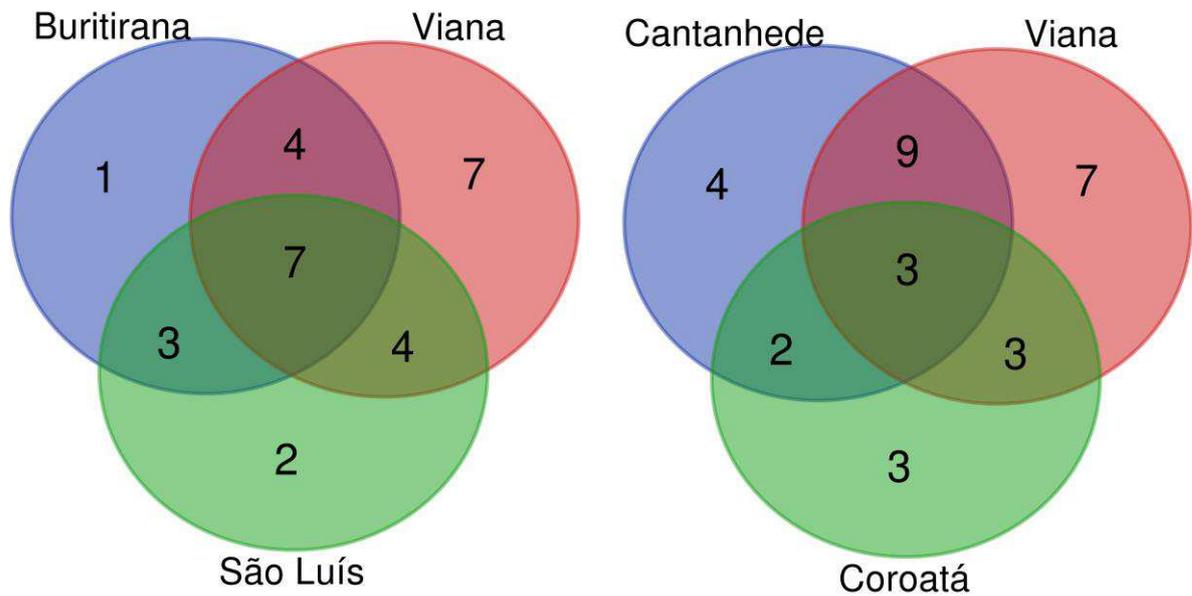


Figura 3. Diagrama de Venn com o número de espécies compartilhadas entre os municípios.

As espécies com ocorrência generalizada nos cinco municípios foram *Acaulospora morrowiae*, *Glomus glomerulatum*, *G. macrocarpum*, *Glomus* sp6. *Scutellospora calospora*, *Orbispora pernambucana*, *Dentiscutata scutata*, *Cetraspora pellucida*, *C. spinosissima* e *Glomus* sp4 foram espécies exclusivas de um município. As demais ocorrem em dois ou mais municípios, sendo consideradas com ocorrência intermediária (Figura 4).

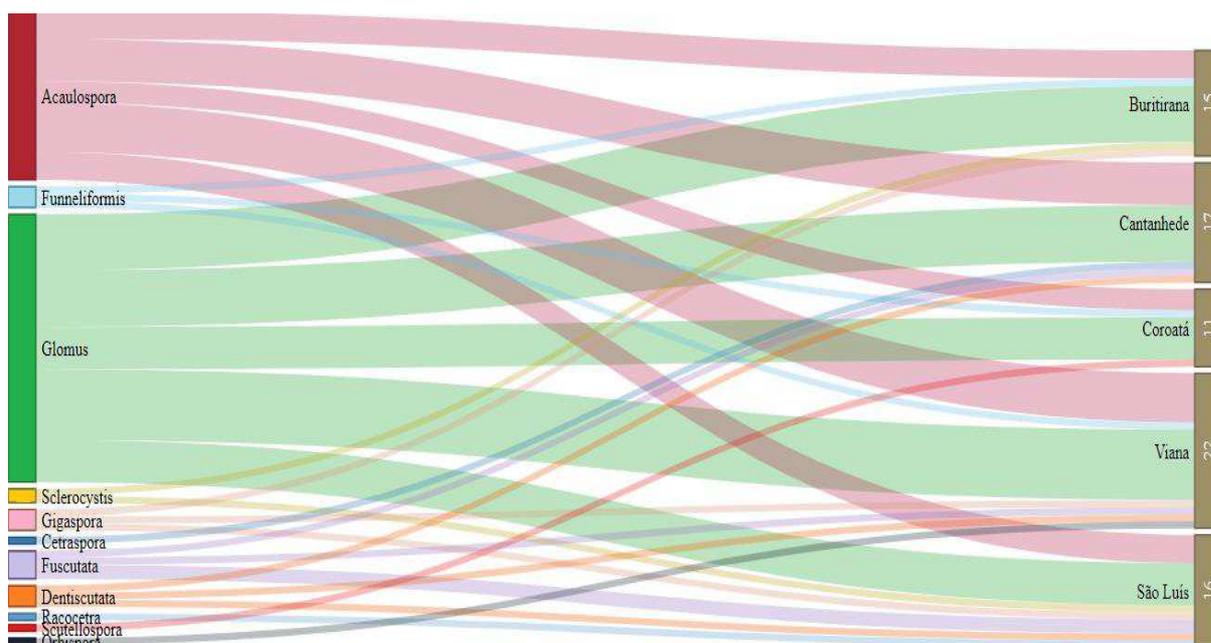


Figura 4. Abundância de espécies de Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMA) nos municípios de Buritirana, Cantanhede, Coroatá, Viana e São Luís, MA, Brasil.

Índices de diversidade de Shannon (H') e equitabilidade de Pielou (J'), não apresentaram diferenças estatísticas significativas entre as áreas estudadas (Tabela 3). O município de Viana apresentou maior índice de diversidade de Shannon ($0,940 \pm 0,027$) enquanto São Luís o menor valor deste índice ($0,494 \pm 0,039$). Para o índice de equitabilidade de Pielou, Cantanhede apresentou os menores índices ($0,374 \pm 0,009$) enquanto os maiores foram observados em Viana ($0,633 \pm 0,015$).

Tabela 3. Índices de diversidade de Shannon (H') e equitabilidade de Pielou (J') nos municípios de Buritirana, Cantanhede, Coroatá, Viana e São Luís, MA, Brasil, durante o período seco (out. e nov/2021).

| | Buritirana | Cantanhede | Coroatá | Viana | São Luís |
|------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| H' | $0,687 \pm 0,034$ | $0,581 \pm 0,021$ | $0,499 \pm 0,047$ | $0,940 \pm 0,027$ | $0,494 \pm 0,039$ |
| J' | $0,494 \pm 0,018$ | $0,374 \pm 0,009$ | $0,448 \pm 0,038$ | $0,633 \pm 0,015$ | $0,473 \pm 0,035$ |

c* H' - Shannon; J' - Pielou.

DISCUSSÃO

Os valores de abundâncias obtidos em 50 g de solo se assemelham aos encontrados por Lima et al. (2020) em áreas de pastagens com presença de babaçuais (40 a 200 glomeroporos) e aos obtidos por Nobre et al. (2018) em babaçuais na periferia leste da Amazônia, Brasil (100 a 302 por 100 g) e também a outro de seus estudos em um sistema de cultivo em aléias localizado a 20 km do local do experimento anterior (148 a 335 propágulos.100 g⁻¹ de solo) (Nobre et al. 2010). A densidade ainda se aproximou à quantificada em uma plantação de coco em Kerala, Índia (214 a 299 propágulos.50g⁻¹ de solo) (Rajeshkumar et al., 2015).

Os resultados encontrados nesse estudo ligam-se parcialmente a um estudo pioneiro na Amazônia maranhense realizado por Nobre et al. (2018), e o estudo de Lima et al. (2020) desenvolvido no município de Pirapemas-MA, nos quais observou-se que nos pontos amostrais 'perto' (proximidades da palmeira) houve

maior densidade de glomerosporos com destaque para o gênero *Glomus*, confirmando que o babaçu influencia o ambiente ao seu redor a seu favor. Outro estudo na periferia leste da Amazônia também relatou maior densidade de esporos, apontando a um elevado nível de associação micorrízica desta palmeira ruderal.

Os dados aqui obtidos combinam-se de forma interessante com os resultados de um segundo estudo nos mesmos locais amostrados na cidade de Pirapemas, acerca de um aspecto chave da competição babaçu-braquiária (gramínea associada aos babaçuais e muito presente no estado) e os seus perfis de raízes verticais (Pageú et al., 2021). Este estudo encontrou uma divisão vertical de nicho muito fraca entre as raízes finas de babaçu e braquiária, e nenhuma evidência de expansão de nicho entre as duas sob pressão competitiva da outra. Ou seja, a combinação de perfis de raízes finas verticais comuns e redes micorrízicas sugeriram que ambas as espécies são concorrentes diretas. Assim, enfatiza-se que não se pode esperar um rendimento excessivo no sistema silvopastoril das pastagens de braquiária infestadas com palmeiras de Babaçu, que dominam grandes partes da Amazônia desmatada, apontando a um grande poder invasivo dessa palmeira.

As áreas e suas respectivas repetições dentro e relacionadas aos municípios tiveram variações na quantidade de glomerosporos, isso se deve ao fato de que a densidade e a riqueza de espécies contidas no solo são influenciadas por uma gama de fatores bióticos e abióticos (Ji et al., 2012) como, por exemplo, as características do ambiente e manejo empregado (Lumini et al., 2010), dinâmica dos nutrientes no solo (Freitas et al., 2011), estresse hídrico (Cartmille et al., 2008), estresse salino (Bencherif et al., 2015), assim como as espécies hospedeiras (Moreira e Siqueira, 2006). Segundo Angelini et al. (2012), plantas com sistema radicular abundante e de rápido crescimento favorecem uma maior esporulação micorrízica, melhor contato entre raízes e propágulos de FMA e grande capacidade de fornecer fotossintatos aos fungos (Jeske et al., 2018), o que pode explicar a expressiva quantidade de glomerosporos nesse estudo, já que na maioria das áreas estudadas havia palmeiras consorciadas a gramíneas.

O número de espécies de FMA obtidos foi superior ao reportado por Nobre Nobre et al. 2018 para áreas de babaçu no Maranhão, assim como estudo de Peña-Venegase et al. (2007) em florestas tropicais maduras, rebrota secundária e pastagens na Amazônia colombiana, com registro de apenas 18 espécies de FMA. A riqueza de espécies deste estudo foi superior à encontrada por Lima et al. (2020) em babaçuais (27).

A predominância dos gêneros *Glomus* e *Acaulospora* também é relatada nos estudos de Angelini et al. (2012), Assis et al. (2014) e Coutinho et al. (2015). Esses gêneros são considerados comuns, e com grande riqueza de espécies de FMA, tanto em ambientes naturais quanto em ambientes transformados por humanos, sendo capaz de se adaptar a uma ampla gama de condições ambientais (Jefwa et al., 2012; Pereira et al., 2014).

Um estudo realizado por Sonjak et al. (2009) em região de solos com alta salinidade verificou a ocorrência de seis diferentes espécies de FMA, em sua maioria pertencentes ao gênero *Glomus*. Também, Caproni et al. (2007) observaram o predomínio de *Acaulospora* seguido de *Glomus* em solos contaminados com resíduo de mineração de bauxita no Pará.

O gênero *Glomus* apresenta maior capacidade de adaptação, demonstrando resistência a perturbações ambientais (Carrenho, 1998). Este gênero apresenta como característica principal a produção de glomerosporos pequenos e em grande quantidade, caracterizando-se como uma espécie *r* estrategista (Nobre et al., 2018).

Além disso, é o gênero com maior número de espécies descritas e, talvez, por estes motivos seja o gênero dominante nos levantamentos de fungos micorrízicos arbusculares.

Quanto à estratégia de vida das espécies de FMAs, o presente estudo apresentou doze espécies (estrategistas-r) com maior abundância, *Glomus glomerulatum*, *Glomus* sp6, no entanto uma pequena quantidade de estrategistas-k em que a soma geral das espécies encontradas é somente oito.

A elevada expressão do gênero *Glomus*, com maior enfoque às espécies *G. glomerulatum* e *G. sp6*, neste estudo, pode estar relacionada à estratégia utilizada, visto que algumas espécies de *Glomus* já foram indicadas como r-estrategistas (Sýkorová et al., 2007), e são conhecidas por sua alta dominância em ambientes perturbados porque são melhor adaptados, considerando que a alta taxa de esporulação permite a colonização primária de plantas desses ambientes (Caproni et al., 2003), uma estratégia baseada em produção de esporos para sobreviver em ambientes extremos (Oehl e Chistian, 2014). Tais características e estratégias podem explicar por que algumas espécies no presente estudo são dominantes e outras são raras. Também, a maior densidade de glomerosporos de estrategistas r relaciona-se, principalmente, à estratégia de vida dos FMA. Espécies com estratégia tipo r produzem muitos glomerosporos e de tamanho menor quando comparados às espécies tipo k estrategistas (Dos Passos et al., 2021), o que explica a ausência de algumas espécies, e a inexpressiva presença de outras.

Os índices de diversidade ecológica são utilizados para avaliar a estrutura das comunidades. O índice de Shannon (H'), que é uma medida de equidade, diz que valores menores que um encontrados em uma comunidade significa que esta é menos uniforme (Lin; Wang; Li, 2021), já o índice de equabilidade Pielou deriva do de Shannon e, por meio do qual é possível representar a uniformidade da distribuição dos indivíduos entre as espécies existentes. Quanto mais próximo a 1, maior será a uniformidade (Gomide et al., 2006). O estudo não apresentou significância para os índices de Shannon e Pielou, apontando para o município de Viana uma alta uniformidade na comunidade de FMA nas áreas estudadas por estar mais próximo de 1 (0,633). Essa alta uniformidade interliga-se a condições ambientais nas quais os babaçuais estão inseridos, em que todo o processo de degradação dessas áreas impacta severamente na diversidade de espécies.

CONCLUSÕES

A grande abundância de glomerosporos associada à palmeira babaçu sugere que esta pode investir fortemente em associações micorrízicas, por meio de 'feedbacks positivos planta-solo' influenciando nos arredores a seu favor. A maior uniformidade de espécies do *Glomus* encontradas nos municípios estudados aponta a uma maior especificidade dessa palmeira a esse gênero já comprovada em outros estudos, assim como a influência dos fatores químicos obtidos.

Grande parte dos babaçuais do Maranhão encontram-se associados a gramíneas que competem por nutrientes e água, essa relação é um indicativo de ausência de divisão de nicho entre estes dois fortes concorrentes e, portanto, uma baixa eficiência ecológica dos sistemas silvopastoris que predominam em vastas áreas da Amazônia desflorestada. Nesse contexto, devido à importância socioeconômica excepcional do babaçu, e por fornecer sustento a diversas famílias de quebradeiras de coco, é fundamental obter um melhor entendimento dessa

palmeira e suas interações com a vegetação e o solo dos seus arredores, para assim alcançar recomendações de um manejo mais ecoeficiente.

BIBLIOGRAFIA CITADA²

- Aldorfová, A., Knobová, P., & Münzbergová, Z. 2020. Plant– soil feed-back contributes to predicting plant invasiveness of 68 alien plant species differing in invasive status. *Oikos*, 129, 1257–1270
- Angelini, G.A.R.; Loss, A.; Pereira, M.G.; Torres, J.L.R.; Junior, O.J.S. 2012. Colonização micorrízica, densidade de esporos e diversidade de fungos micorrízicos arbusculares em solo de Cerrado sob plantio direto e convencional. *Seminário Ciências Agrárias*, 33; 115-130.
- Assis, P.C. R.; Junior, O.J.S.; Paulino, H.B.; Sturmer, S.J.; Siqueira, J.O. Carneiro, M.A.C. 2014. Fungos Micorrízicos Arbusculares em campos de murundus após a conversão para sistemas agrícolas do cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 38:1703-1711.
- Bencherif, K.; Boutekrabt, A.; Fontaine, J.; Laruelle, F.; Dalpè, Y.; Sahraoui, ALH 2015. Impacto da salinidade do solo na biodiversidade de fungos micorrízicos arbusculares e biomassa da microflora associada a *Tamarix articulata* Rizosfera Vahl em áreas áridas e semiáridas da Argélia. *Ciência do Meio Ambiente Total*, 533: 488–494.
- Błaszowski, J. 2012. *Glomeromycota*. W. Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Sciences.
- Błaszowski, J., Chwat, G., Góralaska, A., Ryszka, P., & Kovács, G. M. 2015. Two new genera, *Dominikia* and *Kamienskia*, and *D. disticha* sp. nov. in *Glomeromycota*. *Nova Hedwigia*, 100(1–2), 225-238.
- Błaszowski, J., Niezgodna, P., de Paiva, J. N., da Silva, K. J. G., Theodoro, R. C., Jobim, K., ... & Goto, B. T. 2019. *Sieverdingia* gen. nov., *S. tortuosa* comb. nov., and *Diversispora peloponnesiaca* sp. nov. in the *Diversisporaceae* (*Glomeromycota*). *Mycological Progress*, 18, 1363-1382.
- Bouamri, R.; Dalpé, Y.; Serrhini, MN 2014. Efeito da sazonalidade variação em fungos micorrízicos arbusculares associados à tamareira. *Jornal de Alimentos e Agricultura dos Emirados*, 26: 977-986.
- Caproni, A.L., Franco, A.A., Berbara, R.L.L., Trufem, S.F.B., Granha, J.R.D.O., Monteiro, A.B. 2003. Ocorrência de fungos micorrízicos arbusculares em áreas revegetadas após mineração de bauxita em Porto Trombetas, Pará. *Pesquisa Agropecuária Brasileira Brasília*, 38:1409-1418.
- Caproni, A.L.; Franco, A.A.; Granha, J.R.D.O.; Souchie, E.L. 2007. Arbuscular mycorrhizal fungi occurrence in bauxite mining residue planted to tree species. *Acta Botanica Brasílica*, 21; 99-106.
- Carrenho, R. 1998. *Influência de diferentes espécies de plantas hospedeiras e fatores edáficos no desenvolvimento de fungos micorrízicos arbusculares (FMA)*. Tese Doutorado, Universidade Estadual Paulista, São Paulo, São Paulo.
- Cartmill, AD; Valdez-Aguilar, LA; Bryan, DL; Alarco'n A. 2008. Os fungos micorrízicos arbusculares aumentam a tolerância da vinca à alta alcalinidade na água de irrigação. *Scientia Horticulturae*, 115: 275–284.
- Corazon Guivin, M. A., Cerna Mendoza, A., Guerrero Abad, J. C., Vallejos Tapullima, A., Carballar Hernández, S., Alves da Silva, G., & Oehl, F. 2019. *Funneliglomus*, gen. nov., and *Funneliglomus sanmartinensis*, a new arbuscular mycorrhizal fungus from the Amazonia region in Peru. *Sydowia*.

- Coutinho, E.S.; Fernandes, G.W.; Berbara, R.L.L.; Valério, H.M.; Goto, B.T. 2015. Variation of arbuscular mycorrhizal fungal communities along an altitudinal gradient in rupestrian grasslands in Brazil. *Mycorrhiza*, 25:627-638.
- Dos Passos, J. H., Maia, L. C., de Assis, D. M. A., da Silva, J. A., Oehl, F., & da Silva, I. R. 2021. Arbuscular mycorrhizal fungal community structure in the rhizosphere of three plant species of crystalline and sedimentary areas in the Brazilian dry forest. *Microbial ecology*, 82(1), 104-121.
- Ebert, A. R., Frank, D. A., & Fridley, J. D. 2023. Contrasting mycorrhizal growth responses in native and invasive woody species are associated with distinct root trait syndromes. *Functional Ecology*.
- Freitas, N. D. O de. et al. 2011. Soil biochemistry and microbial activity in vineyards under conventional and organic management at Northeast Brazil. *Scientia Agricola*, São Paulo, 68:223-229.
- Gerdemann, J. W.; Nicolson, T. H. 1963. Spores of mycorrhizal endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Transactions of the British Mycological Society*, 46: 235-244.
- Gerdemann, J. W., & Trappe, J. M. 1974. The endogonaceae in the Pacific Northwest.
- Gomide, L. R.; Scolforo, J. R. S.; Oliveira, A. D. Análise da diversidade e similaridade de fragmentos florestais nativos na Bacia do Rio São Francisco em Minas Gerais. *Ciência Florestal*, 16:127-144, 2006.
- Goto, B. T. 2009. *Taxonomia de Glomeromycota: Revisão morfológica, chaves dicotômicas e descrição de novos táxons*. Tese. Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 358 p.
- Goto, B. T. Jobim, K. 2020. *Laboratório de Biologia de Micorrizas*. Disponível em: <<http://glomeromycota.wixsite.com/lbmicorrizas>>. Acesso em: 20. Mai. 2023.
- Gundale MJ, Wardle DA, Kardol P, Nilsson MC. 2019. Comparison of plant–soilfeedback experimental approaches for testing soil biotic interactions amongecosystems. *New Phytologist* 221: 577–587.
- IBGE, 2014. Censo Demográfico 2010: resultados do universo – características das populações dos domicílios (<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censodemografico/demografico-2010/inicial>). Acesso em: 09/05/2023.
- Jakovac, C.C.; Dutrieux, L.P.; Siti, L.; Claros, M.; Bongers, F. 2017. Spatial and temporal dynamics of shifting cultivation in the middle - Amazonas river: Expansion and intensification. *Plos One*, 12: e0181092.
- Jefwa, J.M., Okoth, S., Wachira, P., Karanja, N., Kahindi, J., Njuguini, S., Ichami, S., Mung'atu, J., Okoth, P., Huising, J. 2012. Impact of land use types and farming practices on occurrence of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) Taita-Taveta districtin Kenya. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 157:32–39.
- Ji, B.; Bentivenga, S.P.; Casper, B.B. 2012. Comparisons of AM fungal spore communities with the same hosts but different soil chemistries over local and geographic scales. *Oecologia*, 168:187-197.
- Jenkins, W. R. A. 1964. Rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodesfrom soil. *Plant Disease Reporter*, St. Paul, v. 48, p. 692, 1964.
- Jeske, E. S., Tian, H., Hanford, K., Walters, D. T., AND Drijber, R. A. 2018. Long- term nitrogen fertilization reduces extraradical biomass of arbuscular mycorrhizae in a maize (*Zea mays* L.) cropping system. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 255:111–118.

- Jobim, K., Błaszowski, J., Niezgoda, P., Kozłowska, A., Zubek, S., Mleczko, P., ... & Goto, B. T. 2019. New sporocarpic taxa in the phylum Glomeromycota: *Sclerocarpum amazonicum* gen. et sp. nov. in the family Glomeraceae (Glomerales) and *Diversispora sporocarpia* sp. nov. in the Diversisporaceae (Diversisporales). *Mycological Progress*, 18, 369-384.
- Laginhas, B. B., & Bradley, B. A. 2022. Global plant invaders: a compendium of invasive plant taxa documented by the peer-reviewed literature.
- Lawrence, D.; Radel, C.; Tully, K.; Schmoock, B.; Schneider, L. 2010. Untangling a Decline in Tropical Forest Resilience: Constraints on the Sustainability of Shifting Cultivation Across the Globe. *Biotropica*, 42: 21-30.
- Liesenfeld, M.V.A.; Viera G. 2018. Postfire palm resprouting in the Amazonian forest -are underground stems an advantage? *Perspectivas Rurales*, 31: 11-23.
- Lima, N.C.; Nobre, C.P.; Pageú, A.B.A.; Detert, M.E.; Silva, L.C.; Santos, C.F.; Gehring, C. 2020. Impact of intra- and interspecific competition between the native superdominant Babassu palm (*Attalea speciosa*) and exotic *Urochloa* grass (*U. brizantha* cv. marandu) on associated arbuscular mycorrhizal fungi and interactions with fine roots and topsoil physics and chemistry in pastures of the eastern periphery of Amazonia. Capítulo de livro em: Columbus, N. (Edit.) *New research on mycorrhizal fungus*. Nova Publishers, New York, USA.
- Lin, J., Wang, Q., & Li, X. 2021. Socioeconomic and spatial inequalities of street tree abundance, species diversity, and size structure in New York City. *Landscape and Urban Planning*, 206, 103992.
- Ludwig, J.A; Reynolds, J.F. 1988. *Statistical ecology: a primer on methods and computing*. New York, John Wiley.
- Lumini E, Orgiazzi A, Borriello R, Bonfante P, Bianciotto V. Disclosing arbuscular mycorrhizal fungal biodiversity in soil through a land-use gradient using a pyrosequencing approach. *Environmental Microbiology*, 12; 2165–2179, 2010.
- Marinho, F., Silva, G. A., Ferreira, A. C., Veras, J. D. N., Sousa, N. M. F., Goto, B. T., ... & Oehl, F. 2014. *Bulbospora minima*, a new genus and a new species in the Glomeromycetes from semi-arid Northeast Brazil. *Sydowia*, 66(2), 313-323.
- Moreira, F. M. S., & Siqueira, J. O. 2006. *Microbiologia e Bioquímica do Solo*. 2ª edição. Editora UFLA.
- Nadeem, S. M. et al. 2014. The role of mycorrhizae and plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) in improving crop productivity under stressful environments. *Biotechnology Advances*, New York, 32:429-448.
- Ni, G., Zhao, P., Ye, Y., Zhu, L., Hou, Y., Huang, Q., ... & Ouyang, L. 2020. High photosynthetic capacity and energy-use efficiency benefit both growth and chemical defense in invasive plants. *Chemoecology*, 30, 69-78.
- Nobre, C. P.; Ferraz Júnior, A. S. L.; Goto, B. T.; Berbara, R. L. L.; Nogueira, M. D. C. 2010. Fungos micorrízicos arbusculares em sistema de aléias no Estado do Maranhão, Brasil. *Acta Amazonica*, 40: 641-646.
- Nobre, C. P., Costa, M. G. D., Goto, B. T., & Gehring, C. 2018. Arbuscular mycorrhizal fungi associated with the babassu palm (*Attalea speciosa*) in the eastern periphery of Amazonia, Brazil. *Acta Amazonica*, 48, 321-329.
- Oehl, F., Sieverding, E., Ineichen, K., Mäder, P., Dubois, D., Boller, T., Wiemken, 2004. A. Impact of long-term conventional and organic farming on the diversity of arbuscular mycorrhizal fungi. *Oecologia*, 138:574–583.
- Oehl, F., Silva, D. K. A. D., Maia, L. C., Sousa, N. D., Vieira, H. E. E., & Silva, G. A. D. 2011. *Orbispora* gen. nov., ancestral in the Scutellosporaceae

- (Glomeromycetes). *Mycotaxon*, 116, 161-169.
- Oehl, F.; Christian, K. 2014. Multiple mycorrhization at the coldest place known for Angiosperm plant life. *Alpine Botany*, 124:193-198.
- Oliveira, A. I. T.; Alexandre, G. P.; Mahmoud, T. S. 2013. Babaçu (*Orbignya* sp): Caracterização física de frutos e utilização de solventes orgânicos para extração de óleo. *BBR-Biochemistry and Biotechnology Reports*, 2;126-129.
- Pageú, A.B.A. 2021. Interações subterrâneas entre a palmeira Babaçu (*Attalea speciosa* MART.) e o capim Braquiária (*Urochloa brizantha* (HOCHST. EX.A.RICH) STAPF cv. 'marandu') em sistema silvopastoril na Amazônia Maranhense. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Agroecologia, Universidade Estadual do Maranhão, São Luis, Maranhão.
- Pedone-Bonfim, M. V. L. et al. 2018. Mycorrhizal benefits on native plants of the Caatinga, a Brazilian dry tropical Forest. *Symbiosis*, 74:79-88.
- Pereira, C.M.R.; Silva, D.K.A.; Ferreira, A.C.A.; Goto, B.T.; Maia, L.C. 2014. Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in Atlantic Forest areas under different land uses. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 185: 245-252.
- Rajeshkumar, PP; Tomás, GV; Gupta, A.; Gopal, M. 2015. Diversidade, riqueza e grau de colonização de fungos micorrízicos arbusculares em coqueiro cultivado em consórcio na zona de alta produtividade de Kerala, Índia. *Simbiose*, 65: 125-141.
- Sieverding, E., da Silva, G. A., Berndt, R., & Oehl, F. 2014. Rhizogloimus, a new genus of the Glomeraceae. *Mycotaxon*, 129(2), 373-386.
- Schenck, N. C., & Pérez, Y. 1988. Manual for identification of VA mycorrhizal fungi. *Institute of Food and Agricultural Sciences*, University of Florida, Gainesville.
- Silvério, E., Duque-Lazo, J., Navarro-Cerrillo, R. M., Pereña, F., & Palacios-Rodríguez, G. (2020). Resilience or vulnerability of the rear-edge distributions of *Pinus halepensis* and *Pinus pinaster* plantations versus that of natural populations, under climate-change scenarios. *Forest Science*, 66(2), 178-190.
- Sonjak, S., Udovič, M., Wraber, T., Likar, M., & Regvar, M. (2009). Diversity of halophytes and identification of arbuscular mycorrhizal fungi colonising their roots in an abandoned and sustained part of Sečovlje salterns. *Soil Biology and Biochemistry*, 41(9), 1847-1856.
- Sýkorová, Z. Ineichen, K., Wiemken, A., Redecker, D. 2007. The cultivation bias: different communities of arbuscular mycorrhizal fungi detected in roots from the field, from bait plants transplanted to the field, and from a greenhouse trap experiment. *Mycorrhiza*, 18:1-14.
- Tedersoo, L., Sánchez-Ramírez, S., Koljalg, U., Bahram, M., Döring, M., Schigel, D., ... & Abarenkov, K. 2018. High-level classification of the Fungi and a tool for evolutionary ecological analyses. *Fungal diversity*, 90, 135-159.
- Van der Heijden, MG; Martin, FM; Selosse, MA; Sanders, IR 2015. Ecologia micorrízica e evolução: o passado, o presente e o futuro. *Novo fitólogo*, 205: 1406-1423.
- Walker, C. 1983. Taxonomic concepts in the Endogonaceae: spore wall concepts in species descriptions. *Mycotaxon*, 18, 443-455.
- Wijayawardene, N. N., Hyde, K. D., Al-Ani, L. K. T., Tedersoo, L., Haelewaters, D., Rajeshkumar, K. C., ... & Suija, A. 2020. Outline of Fungi and fungus-like taxa. *Mycosphere Online: Journal of Fungal Biology*, 11(1), 1060-1456.

CAPÍTULO 4

Elaboração e caracterização de suplemento alimentar com farinha de mesocarpo de babaçu em diferentes regiões do estado do Maranhão

Artigo escrito de acordo com as normas da revista “Árvore”

1 **Elaboração e caracterização de suplemento alimentar com farinha de** 2 **mesocarpo de babaçu de diferentes regiões do estado do Maranhão**

3 **Resumo**

4 Suplementos alimentares apresentam comumente uma qualidade nutricional, principalmente,
5 nos alimentos de origem vegetal, contribuindo na qualidade de vida da população. O uso de
6 farinha de mesocarpo de babaçu na elaboração de suplemento alimentar contribui na nutrição
7 humana por ser um alimento nutricionalmente equilibrado em relação aos teores de
8 carboidratos, proteínas, lipídeos e minerais. Os frutos de babaçu foram coletados em cinco
9 municípios do estado do Maranhão, e o mesocarpo foi extraído para o desenvolvimento de
10 quatro formulações de suplemento alimentar por município. Primeiramente, elaborou-se a
11 farinha de mesocarpo de babaçu num processo de secagem e esterilização e, posteriormente, o
12 processo de fabricação do suplemento alimentar de farinha de coco babaçu adicionado com
13 substrato de soja orgânica. As amostras foram submetidas à análise da composição centesimal
14 para determinação de percentuais de carboidratos, lipídeos, proteínas, umidade, lignina e
15 valores energéticos (kcal/100 g). O estudo apresentou um produto rico em carboidrato (86%),
16 valores de proteína acima de 10% na composição e média de 19% de lipídeos, apresentando
17 um balanço nutricional adequado para o uso diário da população e até de atletas de alta
18 performance.

19 **Palavras-chave:** nutrição, babaçu, soja orgânica, farináceos.

20

21 **1. INTRODUÇÃO**

22 Segundo o *CODEX Alimentarius*, suplemento alimentar é o produto para ingestão
23 oral, apresentado em formas farmacêuticas (comprimidos, cápsulas, pós ou líquidos), e
24 destinado a suplementar a alimentação de indivíduos saudáveis com nutrientes, substâncias
25 bioativas, enzimas ou probióticos, isolados ou combinados (ANVISA, 2017). O uso de
26 suplementos naturais elaborados por meio dos alimentos pode ser uma alternativa saudável
27 para contribuir com a qualidade de vida.

28 A qualidade nutricional dos alimentos de origem vegetal pode ser avaliada pelos seus
29 principais atributos, notadamente quanto aos teores de acidez, sólidos solúveis, teor de
30 açúcares, compostos voláteis, teor de proteínas, lipídeos, vitaminas, entre outros
31 (CHITARRA; CHITARRA, 2005). A suplementação alimentar vem sendo utilizada pelas
32 pessoas devido à rotina da maioria não permitir tempo suficiente para preparar seu próprio
33 alimento (SANTANA, 2018).

34 O babaçu é uma palmeira em que seu fruto (coco) é constituído por quatro partes:
35 epicarpo, mesocarpo, endocarpo e amêndoas. O mesocarpo é formado basicamente de
36 carboidratos (amido e celulose), proteínas, lipídeos, sais minerais e água. A partir do
37 mesocarpo é produzida, entre muitos produtos, uma farinha utilizada como alimento ou ração
38 devido ao seu conteúdo orgânico e mineral (CAVALCANTE NETO, 2012).

39 Além da amêndoa do coco, o mesocarpo desperta grande interesse na cadeia de
40 produtos do babaçu e envolve elevado contingente de trabalhadores no Maranhão, com forte
41 inclusão social. Conforme Pires (2016), quase 30% da produção brasileira de extrativos
42 vegetais eram oriundos do fruto do babaçu, empregando mais de 2 milhões de pessoas.

43 O principal produto oriundo da quebra do coco é a amêndoa, utilizada principalmente
44 para produção de óleo (QUEIROGA et al., 2015). O mesocarpo, geralmente desprezado, é
45 processado e utilizado como suplemento alimentar para humanos e animais devido ao seu alto
46 teor de amido (CARNEIRO et al., 2009; PIRES, 2016; MANIGLIA; TAPIA-BLÁCIDO,
47 2016). O mesocarpo de babaçu é altamente energético e contém propriedades anti-
48 inflamatórias, analgésicas e terapêuticas (SILVA et al., 2021, DE MOURA et al., 2023). A
49 secagem e moagem do mesocarpo do babaçu dá origem à farinha, produto amplamente
50 consumido no estado do Maranhão (Brasil) (MANIGLIA; TAPIA-BLÁCIDO, 2016). A
51 farinha de mesocarpo contém 60% de amido, mas sua composição varia em função de sua
52 origem (CINELLI et al., 2014).

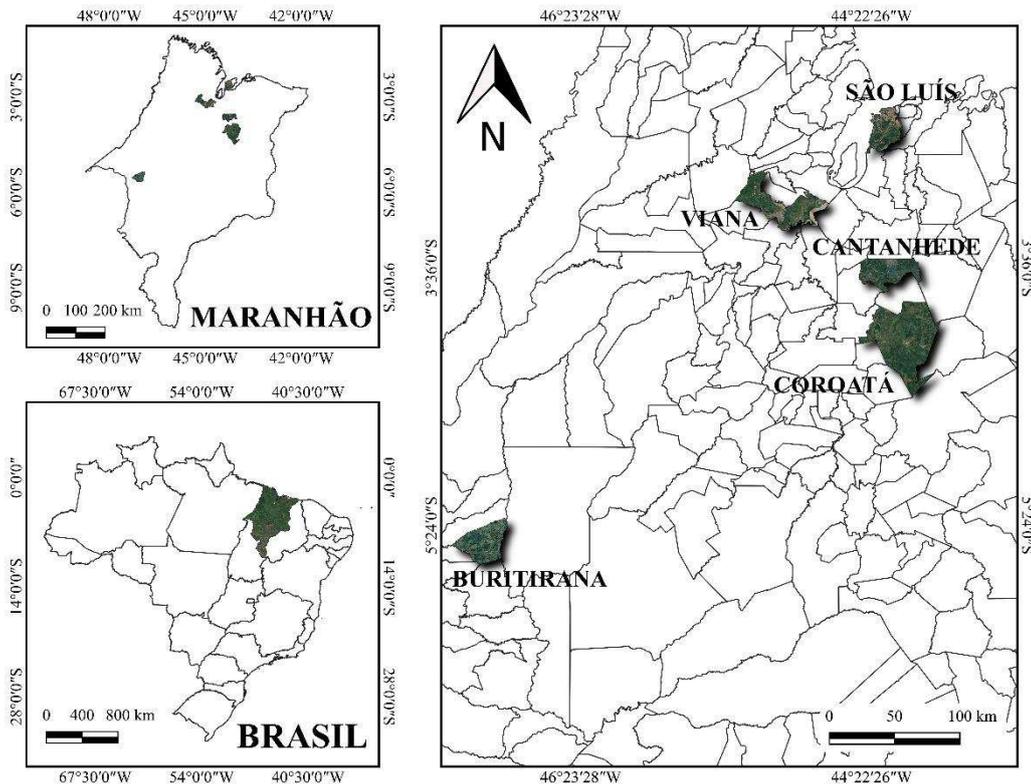
53 A farinha de mesocarpo de babaçu é rica em fibras, sais minerais, vitaminas e amido.
54 A farinha de mesocarpo de babaçu constitui-se em um alimento de valor energético
55 interessante para suprir necessidades nutricionais da população (SANTANA et al., 2008).
56 Diante dessa rica composição nutricional, a inserção da farinha de mesocarpo pode
57 representar uma estratégia para suprir possíveis deficiências nutricionais na população
58 (SILVA, 2011), embora não se tenha informações acerca da qualidade dos produtos à base de
59 mesocarpo atualmente comercializados, nem a origem da matéria-prima relacionada às
60 diferentes condições ecológicas do estado do Maranhão.

61 Portanto, o presente trabalho teve como objetivo elaborar um suplemento alimentar
62 para humanos utilizando a farinha de babaçu de frutos coletados em diferentes regiões do
63 estado do Maranhão (Brasil) e avaliar suas características nutricionais por meio da análise
64 centesimal, determinando a formulação mais adequada na sua composição. Vale mencionar
65 que a criação do suplemento alimentar resultou no depósito de patente o Instituto Nacional da
66 Propriedade Industrial (INPI).

67 2. MATERIAL E METÓDOS

68 2.1 Coleta das amostras

69 A pesquisa foi realizada com frutos de coco babaçu coletados de palmeiras em cinco
70 municípios do estado do Maranhão (Buritirana, Cantanhede, Coroatá, São Luís e Viana), no
71 período de outubro a novembro de 2021, devidamente georreferenciados com GPS e Trex10
72 (Figura 1).



73
74 Figura 1. Localização dos municípios de coleta de coco babaçu, Maranhão, Brasil.

75

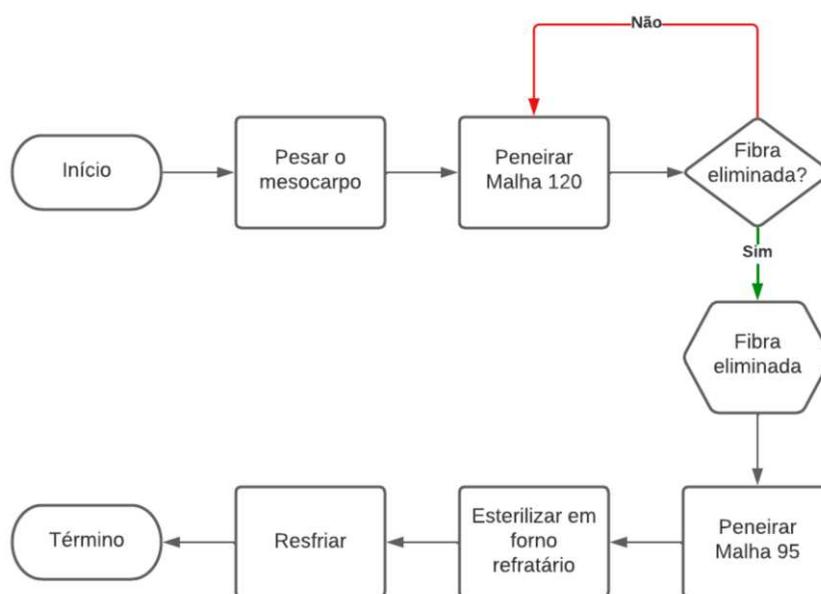
76 Os frutos coletados foram acondicionados sacos de nylon de 60kg, identificados e
77 conduzidos para a Associação das Mulheres Quebradeiras de Coco do Povoado Candiba,
78 município de Cantanhede/MA, para extração do mesocarpo e amêndoas. A extração foi
79 realizada em equipamento mecanizado para a “quebra” do coco e divisão das suas partes de
80 acordo com tecnologia descrita por Sousa (2020).

81 O mesocarpo extraído foi acondicionado em saco plástico identificado por
82 área/município, pesado e armazenado no Laboratório de Fitotecnia e Pós-colheita (LAPOC)
83 na Universidade Estadual do Maranhão, em condições de temperatura controlada a 10°C.

84 As formulações do suplemento alimentar de mesocarpo de coco babaçu foram
85 desenvolvidas na agroindústria Biolife Produtos Naturais LTDA, localizada no Povoado
86 Coquilho II na cidade de São Luís-MA, Brasil.

87 2.2 Elaboração da farinha de mesocarpo de babaçu

88 O mesocarpo extraído foi peneirado (em malha de 120 mesh) com o objetivo de
 89 retirar as fibras e posteriormente, peneirado (em malha de 95 mesh) para gerar o pó da farinha
 90 de mesocarpo. Após essa fase a farinha foi esterilizada no forno refratário na temperatura
 91 constante de 175°C por 10 minutos. Em seguida foi resfriado em ambiente controlado para o
 92 produto estar pronto para a elaboração do suplemento alimentar, conforme fluxograma abaixo
 93 (Figura 2).



94
95 Figura 2. Fluxograma do processo de preparo do mesocarpo extraído

96

97 2.3 Processo de mistura do suplemento alimentar

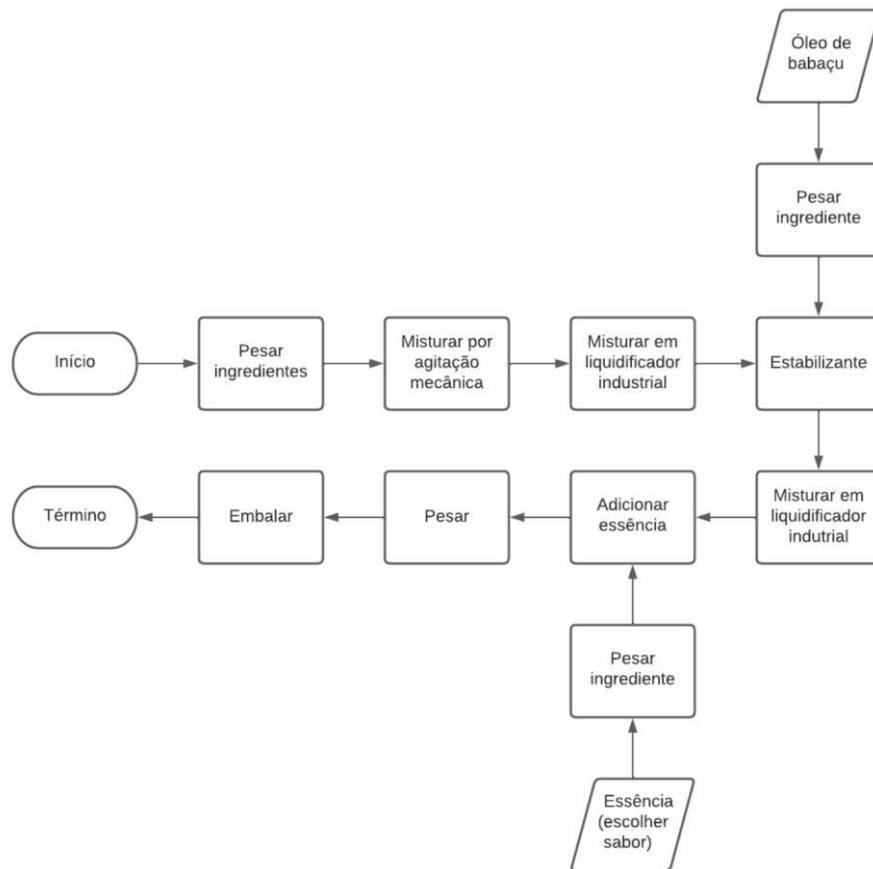
98 Foram desenvolvidas quatro formulações para elaboração do suplemento alimentar
 99 de farinha de mesocarpo de coco babaçu para cada município amostrado, totalizando 20
 100 amostras com 6 repetições (Tabela 1).

101 Tabela 1. Formulações para elaboração de 100g do suplemento alimentar à base de farinha de
 102 mesocarpo de coco babaçu.

| Formulações | Farinha de babaçu (g) | Substrato de soja orgânica (g) | Óleo de babaçu (g) |
|--------------|-----------------------|--------------------------------|--------------------|
| 90:10 | 90 | 10 | 9 |
| 80:20 | 80 | 20 | 8 |
| 70:30 | 70 | 30 | 7 |
| 60:40 | 60 | 40 | 6 |

103

104 O processo de elaboração do suplemento alimentar começou pela pesagem dos
 105 ingredientes (farinha de mesocarpo de coco babaçu e substrato de soja orgânica) em balança
 106 digital. Realizou-se a mistura das proporções por meio de agitação manual para,
 107 posteriormente, homogeneizar no liquidificador industrial por 10 segundos. Nesse momento
 108 foi adicionado óleo de babaçu com função de estabilizante na proporção de 10% do peso da
 109 farinha de mesocarpo e pesado em balança digital. Finalizou-se a mistura por mais 10
 110 segundos no liquidificador industrial. Realizou-se a pesagem final do produto para envaze e
 111 armazenamento no Laboratório de Fitotecnia e Pós-colheita (LAPOC) na Universidade
 112 Estadual do Maranhão, em condições de temperatura ambiente (Figura 3).
 113



114

115

115 Figura 3. Fluxograma do processo de preparo do suplemento alimentar de mesocarpo de coco babaçu

116

117 2.4 Composição centesimal das amostras do suplemento alimentar de farinha do coco de 118 babaçu

119

120

121

As análises físicas e químicas foram realizadas e conduzidas em triplicata pelo Laboratório de Alimentos e Bebidas da Universidade Federal do Maranhão e no Laboratório de Bromatologia da Universidade Estadual do Maranhão.

122 A análise de cinzas foi realizada de acordo a com a metodologia descrita pela
 123 *Association of Official Analytical Chemists* (AOAC, 1990). O teor de fibra por meio da
 124 lignina digerida em ácido foi determinado segundo a metodologia de Van Soes-te et al.
 125 (1991).

126 Para determinação dos teores de umidade, proteína e carboidrato das amostras
 127 adotou-se a metodologia do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 1985). O teor de gorduras ou extrato
 128 etéreo foi determinado por extração direta em aparelho Soxhlet conforme metodologia do
 129 Instituto Adolfo Lutz (IAL, 1985).

130 O valor calórico foi obtido pela Equação (1).

$$131 \text{ Valor Calórico} = (\% \text{ Carboidratos} \times 4) + (\% \text{ Lipídeos} \times 9) + (\% \text{ Proteínas} \times 4) \quad (1)$$

132 2.5 Análise estatística

133 Os resultados da composição centesimal do suplemento alimentar foram expressos
 134 por meio de médias. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey. O nível de
 135 significância adotado foi de 5% de probabilidade por meio do software ASISTAT 7.0.

136

137 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

138 O processo de obtenção do suplemento alimentar resultou num produto solúvel de
 139 boa aparência e aroma, graças ao processo de formação da farinha de mesocarpo padronizado,
 140 mantendo uma boa granulometria, conforme destacam Gomes et al. (2020). A granulometria é
 141 um importante aspecto para padronização de farinhas. A uniformidade do tamanho dos
 142 grânulos permite uma melhor absorção de solventes, dispersibilidade das partículas e melhor
 143 tempo de extração das substâncias pécticas. Na Tabela 2 apresentam-se os resultados da
 144 composição centesimal da farinha de mesocarpo de babaçu puro em relação aos municípios de
 145 coleta.

146 Tabela 2. Composição centesimal da farinha de mesocarpo de coco babaçu.

| Município | Parâmetro | | | | | | Valor Energético (kcal/100g) |
|-------------------|-------------|-----------|------------|---------------|--------------|------------------|------------------------------|
| | Umidade (%) | Fibra (%) | Cinzas (%) | Proteínas (%) | Lipídeos (%) | Carboidratos (%) | |
| Coroatá | 9,07 | 4,6 | 2,9 | 0,92 | 2 | 80,51 | 355,8 |
| Buritirana | 10 | 0,19 | 1,1 | 0,66 | 0,34 | 87,71 | 398,14 |
| Cantanhede | 14,82 | 5 | 3,26 | 0,41 | 5,41 | 71,1 | 329,73 |
| São Luís | 6,72 | 3,02 | 3,96 | 0,71 | 2,6 | 82,99 | 360,83 |

| | | | | | | | |
|--------------|-------|---|-----|------|------|------|--------|
| Viana | 13,36 | 3 | 2,7 | 1,36 | 0,18 | 79,4 | 342,56 |
|--------------|-------|---|-----|------|------|------|--------|

147

148 A farinha de mesocarpo de coco de babaçu é predominantemente composta por
 149 carboidratos (Tabela 2). O mesocarpo do coco babaçu é a parte amilácea do fruto que,
 150 conforme Cruz (2011), pode apresentar uma composição média em amido de 50% a 68%.
 151 Porém, observou-se variação nos teores de carboidratos entre os municípios e, em particular,
 152 o município de Buritirana apresentou o percentual mais elevado de carboidratos (97,71%),
 153 numa farinha de cor clara que retrata bastante presença de amido. Destaca-se também o maior
 154 valor médio de proteínas (1,36%) encontrado no município de Viana e de lipídeos (5,41%) em
 155 Cantanhede.

156 Os resultados referentes à caracterização centesimal da formulação do suplemento
 157 alimentar por município estão apresentados na tabela 3.

158 Tabela 3. Composição centesimal do suplemento alimentar à base da mistura de farinha de mesocarpo
 159 de coco babaçu (FMB) e substrato de soja orgânica (SS).

| Municípios | Proporção (FMB:SS) | Parâmetro | | | | | | Valor Energético (kcal/100g) |
|------------|-----------------------|---------------------|----------------------|---------------------|---------------------|----------------------|-----------------------|------------------------------------|
| | | Umidade | Lignina | Cinzas | Proteína % | Lipídeo | Carboidratos | |
| Coroatá | 60:40 | 8,54 ^{aC} | 6,64 ^{aA} | 3,73 ^{aB} | 10,60 ^{aA} | 20,65 ^{bA} | 71,61 ^{abB} | 421,12 ^{cA} |
| | 70:30 | 8,53 ^{aD} | 5,18 ^{abA} | 3,07 ^{bB} | 8,09 ^{abA} | 30,81 ^{aA} | 62,87 ^{bC} | 446,44 ^{bAB} |
| | 80:20 | 8,16 ^{bC} | 5,97 ^{aA} | 2,84 ^{bB} | 7,88 ^{abA} | 19,03 ^{bB} | 75,97 ^{aAB} | 458,83 ^{aA} |
| | 90:10 | 8,35 ^{abC} | 3,29 ^{bB} | 2,57 ^{bB} | 5,98 ^{bAB} | 32,16 ^{aAB} | 65,60 ^{abAB} | 443,30 ^{bA} |
| Buritirana | 60:40 | 9,17 ^{dB} | 0,19 ^{aD} | 2,91 ^{aC} | 11,09 ^{aA} | 12,64 ^{bB} | 80,34 ^{abAB} | 407,16 ^{aB} |
| | 70:30 | 9,52 ^{cC} | 1,03 ^{aB} | 2,39 ^{bC} | 8,59 ^{abA} | 11,65 ^{bD} | 84,93 ^{abA} | 400,12 ^{bD} |
| | 80:20 | 9,89 ^{bB} | 1,85 ^{aB} | 1,90 ^{bcC} | 7,10 ^{bcA} | 10,79 ^{bC} | 86,39 ^{aA} | 382,85 ^{cE} |
| | 90:10 | 10,33 ^{aB} | 0,74 ^{aC} | 1,50 ^{cC} | 5,32 ^{cAB} | 26,42 ^{aBC} | 74,12 ^{bAB} | 386,04 ^{cB} |
| Cantanhede | 60:40 | 10,16 ^{bA} | 5,64 ^{abAB} | 4,43 ^{aA} | 13,37 ^{aA} | 7,61 ^{cB} | 82,58 ^{aAB} | 397,73 ^{cC} |
| | 70:30 | 10,15 ^{bB} | 3,58 ^{bA} | 3,14 ^{bB} | 8,07 ^{bA} | 27,74 ^{bAB} | 65,63 ^{bBC} | 439,66 ^{aB} |
| | 80:20 | 9,85 ^{cB} | 3,96 ^{abAB} | 3,06 ^{bB} | 5,96 ^{bcA} | 11,17 ^{cC} | 77,01 ^{aAB} | 419,39 ^{bC} |
| | 90:10 | 10,52 ^{aB} | 6,18 ^{aA} | 2,92 ^{bAB} | 5,14 ^{cB} | 33,94 ^{aA} | 62,73 ^{bB} | 438,29 ^{aA} |
| São Luís | 60:40 | 7,59 ^{bD} | 3,02 ^{aC} | 4,01 ^{aAB} | 10,81 ^{aA} | 13,10 ^{bB} | 78,64 ^{aAB} | 423,10 ^{cA} |
| | 70:30 | 7,55 ^{bE} | 4,05 ^{aA} | 3,88 ^{aA} | 8,57 ^{bA} | 22,35 ^{aBC} | 60,66 ^{bC} | 447,17 ^{abA} |
| | 80:20 | 8,25 ^{aC} | 2,72 ^{aB} | 3,67 ^{abA} | 7,67 ^{bcA} | 20,14 ^{aAB} | 73,02 ^{aB} | 448,85 ^{aB} |
| | 90:10 | 8,36 ^{aC} | 1,83 ^{aBC} | 3,34 ^{bA} | 5,66 ^{cAB} | 21,02 ^{aCD} | 73,42 ^{aAB} | 441,63 ^{bA} |
| Viana | 60:40 | 10,39 ^{dA} | 3,78 ^{abBC} | 3,51 ^{aB} | 12,01 ^{aA} | 10,52 ^{cB} | 83,67 ^{aA} | 413,59 ^{bB} |
| | 70:30 | 10,82 ^{cA} | 3,44 ^{bAB} | 2,85 ^{bBC} | 8,59 ^{bA} | 18,08 ^{bCD} | 76,24 ^{abAB} | 423,30 ^{aC} |
| | 80:20 | 12,88 ^{bA} | 5,72 ^{aA} | 2,58 ^{bB} | 6,50 ^{bA} | 26,43 ^{aA} | 69,34 ^{bB} | 393,88 ^{cD} |

| | | | | | | | |
|-------|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|----------------------|----------------------|
| 90:10 | 13,42 ^{aA} | 5,76 ^{aA} | 2,66 ^{bB} | 6,82 ^{bA} | 17,82 ^{bD} | 76,93 ^{abA} | 367,51 ^{dC} |
|-------|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|----------------------|----------------------|

160 *Médias seguidas da mesmas letras minúsculas, na linha, e maiúsculas, na coluna, não diferem entre si pelo teste
161 de Tukey a 5% de probabilidade.

162
163 Todas as formulações apresentaram dominância de carboidratos, com valores de 62%
164 a 86%, demonstrando ser um alimento de alto valor energético. A mistura da farinha de
165 mesocarpo oriunda de Buritirana obteve os maiores valores em carboidratos (Tabela 3).

166 Os resultados obtidos na análise das formulações demonstraram que a composição do
167 suplemento alimentar à base de mesocarpo de babaçu atendeu à RDC n° 263/2005
168 (ANVISA), cujas farinhas devem apresentar umidade máxima de 15%, o que favorece uma
169 maior preservação e tempo de vida de prateleira do alimento (VACLAVIK; CHRISTIAN,
170 2008).

171 No estudo realizado por Oliveira (2019), em que se caracterizou a farinha de
172 mesocarpo de babaçu com cerca de 86% de carboidratos totais, as formulações apresentaram
173 percentuais de carboidratos similares ou superiores a teores encontrados em farinha de trigo
174 (47 a 70%) (OLIVEIRA et al., 2014), mandioca (49 a 82%) (MENEGASSI; LEONEL, 2006),
175 farinha de arroz (76%) (FRANCO et al., 2018).

176 A inclusão do substrato de soja orgânico proporcionou um incremento de proteínas
177 nas formulações. As formulações 60:40 (FMB:SS) dos municípios de Buritirana, Cantanhede
178 e Viana apresentaram teores de proteínas acima de 10% na sua composição (Tabela 3). Em
179 estudo de Kissel, Prentice e Yamazaki (1975) foi constatado que a utilização de farinhas
180 proteicas, como substrato de soja, torna o alimento mais equilibrado nutricionalmente. Em
181 estudos com análise centesimal de extratos de soja observou-se o percentual de proteína de 3 a
182 5% na sua composição, além da presença de outros nutrientes como fibras e lipídeos
183 (ALENCAR FILHO et al., 2019).

184 Teores de cinzas estão relacionadas com a quantidade de compostos inorgânicos da
185 amostra. As formulações do suplemento alimentar analisado evidenciam teores de 1% a 4%,
186 sinalizando que a farinha de mesocarpo de babaçu possui abundância de minerais como
187 cálcio, fósforo, potássio, magnésio, cobre, ferro, cloro e manganês (OLIVEIRA et al., 2019).

188 A adição do óleo de babaçu na composição do suplemento alimentar favoreceu, nas
189 formulações, o incremento dos índices de lipídeos (média de 19%); concentrações lipídicas
190 foram expressas em farinha de pupunha (7,19%) em estudos de Oliveira, Souza e Polesi
191 (2020), enquanto a farinha de dendê apresentou baixo teor de lipídeos (0,91%) (SIMAS et al.,
192 2010).

193 Em relação aos teores de lignina presente nas fibras no suplemento, os municípios de
194 Coroa e Viana apresentaram os maiores teores, de 3 a 6% na composição, enquanto o
195 município de Buritirana apresentou os menores teores de lignina nas formulações. Devido à
196 maturidade do fruto de babaçu, quanto mais “velho” maior a quantidade de lignina na
197 estrutura da parede celular, a exemplo do teor de lignina nas fibras de frutos de coco (*Cocos*
198 *nucifera* L.) que varia em função da idade, girando entre 20% nas fibras de coco jovem e
199 aproximadamente 35% no fruto maduro (PASSOS, 2005). A lignina tem um efeito negativo
200 na digestão humana de Fe agravando a anemia ferropriva, muito comum em crianças em
201 regiões do Nordeste, sendo fator determinante para atendimentos a programas institucionais
202 como o PNAE (Programa Nacional de Alimentação Escolar) (FIOROTO, 2013).

203 O balanço nutricional é a relação existente entre as três principais classes de
204 nutrientes: carboidratos, lipídeos e proteínas. Em uma dieta normal deve-se possuir por volta
205 de 60% de carboidratos, 15% de proteínas e 25% de gorduras (ROCHA et al., 2014),
206 observando-se proximidades nos valores apresentados em todas as formulações na proporção
207 60:40. Atletas de alta performance precisam de um pequeno incremento no consumo de
208 proteínas (LIMA; SANTANA, 2014). E o consumo de carboidratos por estes atletas está
209 ligado aos depósitos de glicogênio muscular, utilizados durante o exercício físico (LIMA-
210 SILVA, 2007). Os carboidratos e os lipídeos são importantes para o metabolismo energético
211 enquanto as proteínas são importantes para o metabolismo construtor. Obviamente que a
212 necessidade diária de energia depende do sexo, idade e tamanho da pessoa (SILVA;
213 GARCÊS, 2020).

214 De uma forma geral, os municípios apresentaram nas formulações do suplemento
215 alimentar à base de mesocarpo de babaçu, médias similares às recomendadas no balanço
216 nutricional de uma dieta normal. Porém, não houve um fator determinante para a seleção de
217 matéria-prima para a elaboração do suplemento alimentar.

218

219 **4. CONCLUSÃO**

220 O suplemento alimentar de farinha de mesocarpo de babaçu apresentou um processo
221 de fabricação tecnológica viável pela facilidade de obtenção de matéria-prima e tecnologia
222 disponível. Destaca-se a riqueza de carboidratos no mesocarpo (variação de 76% a 97%). As
223 formulações desenvolvidas expressaram resultados predominante de carboidratos na sua
224 composição (60 a 86%), um sobressalto de teores de proteínas com a adição do substrato de
225 soja e a fração mineral com valores dentro das médias dos demais produtos vegetais. O

226 município de Buritirana apresentou o produto com maiores teores de amido no alimento e
227 todas as formulações independente da região apresentaram teores nutricionais dentro dos
228 parâmetros diários recomendados. A formulação 60:40 (FMB:SS) é a recomendada por
229 apresentar o melhor balanço nutricional de uma dieta normal.

230

231 REFERÊNCIAS

232 Alencar Filho, J. M. T. (2019). análise da composição centesimal da soja e um de seus
233 principais produtos, o extrato de soja. In: VIEIRA, V.B; OIOVESAN, N. *Inovação em*
234 *ciências e tecnologia de alimentos*. v.03. Ponta Grossa: Atena Editora.

235 ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. (2017). *Suplementos alimentares:*
236 *documentos bases para discussão regulatória*.

237 BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº
238 263, de 22 de setembro de 2005. Aprova o Regulamento técnico para produtos de cereais,
239 amidos, farinhas e farelos. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, DF,
240 23 set. 2005. Seção 1, p. 368-369.

241 Carneiro, A. P. M., Pascoal, L. A. F., Watanabe, P. H., Santos, I. B., Lopes, J. M., &
242 ARRUDA, J. D. (2009). Farelo de babaçu em rações para frangos de corte na fase final:
243 desempenho, rendimento de carcaça e avaliação econômica. *Ciência Animal Brasileira*, 10(1),
244 40-47.

245 Cavalcante Neto, A. A., Soares, J. P., Pereira, C. T. M., Gomes, M. S. S. O., & Sabaasrur, A.
246 U. O. (2016). Utilização de farinha de mesocarpo de babaçu (*Orbignya* sp.) no preparo de
247 massa alimentícia fresca tipo talharim. *Brazilian Journal of Food Research*, 7(1), 105-115.

248 Chitarra, M. I. F., & Chitarra, A. B. (1990). *Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e*
249 *manuseio* (p. 320). Lavras: Esal/Faepe.

250 Cinelli, B. A., Lopez, J. A., Castilho, L. R., Freire, D. M., & Castro, A. M. (2014). Granular
251 starch hydrolysis of babassu agroindustrial residue: A bioprocess within the context of
252 biorefinery. *Fuel*, 124, 41-48.

253 Coelho, M. R., de Oliveira, A. P., Fontana, A., Avanzi, J. C., Ummus, M. E., & MARTINS,
254 A. D. S. (2015). Solos do Campo Experimental de Buritirana da Embrapa Pesca e
255 Aquicultura, município de Palmas-TO. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO
256 SOLO, 35., 2015, Natal. O solo e suas múltiplas funções: anais. Natal: Sociedade Brasileira
257 de Ciência do Solo, 2015.

258 Cruz, E. T. L., & NUNES, L. (2011). Caracterização do Mesocarpo de Babaçu (*Orbignya* sp):
259 Termoanálise (TG/DTA) e Avaliação do conteúdo de Amido. *Monografia do curso de*
260 *Farmácia. Universidade Federal do Piauí, Teresina*.

261 da Silva, K. G. S., Melo, K. C., de Carvalho Santos, M. E. L., da Silva, A. T., Lima, A. S. S.,
262 Pessoa, N. M., ... & Moraes, T. O. (2021). Propriedades funcionais da farinha do mesocarpo
263 do coco babaçu: uma alternativa nutricional contra a Covid-19. *Research, Society and*
264 *Development*, 10(2), e58010212851-e58010212851.

265 de Moura Moura, C., Silvino, V. O., de Freitas, V. H., do Nascimento Salazar, T. C., de
266 Moura, R. C., Lima, S. F. C., ... & dos Santos, M. A. P. (2023). Babassu mesocarp (*Orbignya*
267 *phareolata* Mart.) supplementation decreased markers of muscle damage, pain, and perceived

- 268 exertion in trained young futsal athletes. *RBNE-Revista Brasileira de Nutrição*
269 *Esportiva*, 17(102), 51-58.
- 270 Fioroto, A. M. (2013). *Estudo de métodos para avaliar a biodisponibilidade de Fe, Cu e Zn*
271 *em presença de mesocarpo de babaçu* (Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo).
- 272 Franco, V. A., Silva, F. A., Miranda, B. M., & de Lima Pádua, D. R. (2018). Propriedades
273 reológicas e composição proximal da farinha de arroz e farinha de batata-doce. *Cientific@-*
274 *Multidisciplinary Journal*, 5(3), 113-124.
- 275 Gomes, J. T., Barroso, A. D. S., Monteiro, C. D. A., & Mourão, R. H. V. (2020). Extração de
276 substâncias pécnicas do mesocarpo de *Passiflora nitida* Kunth. *Passifloraceae*. *Rev Fitos*.
277 14(1):76-87.
- 278 Herrmann, I., Nassar, A. M., Marino, M. K., & Nunes, R. (2001, October). Coordenação no
279 SAG do babaçu: exploração racional possível. In *Congresso Internacional de Economia e*
280 *Gestão de Negócios Agroalimentares* (Vol. 3). Ribeirão Preto: FEA.
- 281 INSTITUTO ADOLFO LUTZ. (2018). *Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: Métodos*
282 *químicos e físicos para análise de alimentos*. 1 ed. digitalizada. São Paulo: Secretaria de
283 Estado da Saúde/Coordenadoria de Controle de Doenças.
- 284 Kissell, L. T. (1975). Protein Enrichment of Cookie Flours with Wheat Gluten and Soy Flour
285 Derivative. *Cereal Chem.*, 52, 638-649.
- 286 Lima, J., & SANTANA, P. C. (2014). Recomendação alimentar para atletas e
287 esportistas. *Coordenação de Esporte e Lazer*.
- 288 Lima-Silva, A. E., Fernandes, T. C., De-Oliveira, F. R., Nakamura, F. Y., & Gevaerd, M. D.
289 S. (2007). Metabolismo do glicogênio muscular durante o exercício físico: mecanismos de
290 regulação. *Revista de Nutrição*, 20, 417-429.
- 291 Maniglia, B. C., & Tapia-Blácido, D. R. (2016). Isolation and characterization of starch from
292 babassu mesocarp. *Food Hydrocolloids*, 55, 47-55.
- 293 Menegassi, B., & Leonel, M. (2006). Análises de qualidade de uma massa alimentícia mista
294 de mandioca-salsa. *Revista Raízes e Amidos Tropicais*, 2, 27-36.
- 295 Montoya, S. G. (2013). *Development characterization of the palm fruit macaúba*. Dissertação
296 (Mestrado em Plantas daninhas, Alelopatia, Herbicidas e Resíduos; Fisiologia de culturas;
297 Manejo pós-colheita de) - Universidade Federal de Viçosa.
- 298 Oliveira, J. (2019). Extração e caracterização de pectina da farinha do mesocarpo de Babaçu.
299 Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Alimentos). Universidade Federal de
300 Rondônia.
- 301 Oliveira, J., de Souza, N. T., & Polesi, L. F. (2020). Elaboração de massa alimentícia sem
302 glúten a partir de farinha de babaçu e pupunha. *Tecnologia de Alimentos: Tópicos Físicos,*
303 *Químicos e Biológicos*. Guarujá: Científica Digital, 2, 259-278.
- 304 Oliveira, M. L. D., Arthur, V., Polesi, L. F., Silva, L. C., & Oliveira, A. L. D. (2014).
305 Evaluation of production and gamma radiation effects in pasta enriched with brown flaxseed
306 bagasse (*Linum usitatissimum* L.). *European International Journal of Science and*
307 *Technology*.
- 308 Passos, A. P. R. (2005). *Destinação sustentável de cascas de coco (Cocos nucifera) verde:*
309 *obtenção de telhas e chapas de partículas* (Doctoral dissertation, Tese de Doutorado.
310 Universidade Federal do Rio de Janeiro).

- 311 Pires, F. C. (2016). *Estudo das condições de secagem do mesocarpo do babaçu para*
312 *obtenção de farinha e aplicação na produção de bolos*. Trabalho de Conclusão de Curso
313 (Engenharia de Alimentos). Universidade Federal de Rondônia.
- 314 Queiroga, V. D. P., Girão, Ê. G., Araujo, I. D. S., Gondim, T. D. S., Freire, R. M. M., &
315 Veras, L. (2015). Composição centesimal de amêndoas de coco babaçu em quatro tempos de
316 armazenamento. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, 17(2):207-213.
- 317 Reis, A. A., Protásio, T. D. P., Alves de Melo, I. C. N., Trugilho, P. F., & Oliveira Carneiro,
318 A. D. C. (2012). Composição da madeira e do carvão vegetal de *Eucalyptus urophylla* em
319 diferentes locais de plantio. *Brazilian Journal of Forest Research/Pesquisa Florestal*
320 *Brasileira*, 32(71).
- 321 Rocha, M. P., Matias, A. C. G., Spinelli, M. G. N., & de Abreu, E. S. (2014). Adequação dos
322 cardápios de uma unidade de alimentação em relação ao programa de alimentação do
323 trabalhador. *Revista Univap*, 20(35), 105-111.
- 324 Sambanthamurthi, R., Sundram, K., & Tan, Y. (2000). Chemistry and biochemistry of palm
325 oil. *Progress in lipid research*, 39(6), 507-558.
- 326 Santana, C. S., Kwiatkowski, A., Queiros, A. M., da Silva Souza, A. M., & de Minas, R. S.
327 (2018). Desenvolvimento de suplemento alimentar utilizando ora-pro-nóbis (*Pereskia*
328 *aculeata*). *Cadernos de Agroecologia*, 13(2), 10-10.
- 329 Santana, M., Gonçalves, L. M. F., & Oliveira, C. G. M. (2008). Biscoitos enriquecidos com
330 farinha de mesocarpo de babaçu. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E
331 TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 21.; SEMINÁRIO LATINO AMERICANO E DO
332 CARIBE DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 15., 2008, Belo Horizonte.
333 *Anais...* Belo Horizonte: SBCTA.
- 334 Simas, K. N., Vieira, L. D. N., Podestá, R., Vieira, M. A., Rockenbach, I. I., Petkowicz, C. L.,
335 ... & Amboni, R. D. (2010). Microstructure, nutrient composition and antioxidant capacity of
336 king palm flour: a new potential source of dietary fibre. *Bioresource technology*, 101(14),
337 5701-5707.
- 338 Silva, A. P. S. (2011). Caracterização físico-química e toxicológica do pó de mesocarpo do
339 babaçu (*Orbignya phalerata* Mart): subsídio para o desenvolvimento de produtos. *Teresina*
340 *(PI): Universidade Federal do Piauí*.
- 341 Silva, L. A. da, Garcês, A. S. (2020). *Alimentação Saudável*. Itabuna: UFSB.
- 342 Sousa, V. M. C. D. (2020). Potencial do carvão de resíduos do coco babaçu e o
343 desenvolvimento de protótipos de quebra do coco e carbonização. Trabalho de Conclusão de
344 Curso (Engenharia de Energia)-Universidade de Brasília.
- 345 Thomas, D. J.; Atwell, W. A. (1997). *Starches: Practical Guides for the Food Industry*,
346 American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN.
- 347 Vaclavik, V. A., Christian, E. W., & Campbell, T. (2008). *Essentials of food science* (Vol.
348 42). New York: Springer..

5. CONCLUSÃO GERAL

As populações de babaçu das diversas regiões do Maranhão apresentam variabilidade genética, especialmente para o peso de frutos e mesocarpo e este critério pode favorecer a seleção de populações superiores para a produção de mesocarpo, um dos principais subprodutos desta palmeira. Coroatá e Buritirana apresentaram as populações de babaçu com as características de fruto e mesocarpo esperadas pelas agroindústrias de produtos alimentícios. Selecionar as palmeiras com base nas características de seus frutos contribuirá para desenvolvimentos de produtos inovadores para o ramo alimentício, fato apresentado no presente estudo, evidenciado pela análise centesimal.

A ocorrência de espécies de fungos micorrízicos arbusculares e a seleção feita pelas comunidades de babaçu indica adaptações entre estes dois organismos e deve ser utilizada quando de ações conservacionistas e/ou produtivas de coco babaçu. Além disso, a comprovada simbiose micorrízica com esta palmeira pode estar relacionada a sua capacidade adaptativa em ambientes limitantes para demais espécies vegetais.

Estes estudos analisando múltiplos fatores podem ser a chave para a compreensão das estratégias adaptativas do babaçu e como a relação da palmeira com os microrganismos de solo pode influenciar nas características morfológicas, químicas e nutricionais do babaçu.

ANEXOS



Instructions for authors

Form and preparation of manuscripts

The **CBAB** publishes exclusively in English. The authors must submit their articles in English. It is mandatory that the article, after approval, be reviewed in linguistic terms, which must be made exclusively by the journal's official translators, being the onus of this service responsibility of the author. Contributions are submitted via WEB, access <https://cbab.sbmp.org.br/>, clicking on *Submission Platform* whereupon the article registration system will automatically ask for a password and author's e-mail. **Delete all author and correspondence information from the manuscript file.** As the Journal has a blind review policy, authors should not reveal their identities in the manuscript. The author will be asked to enter this information in a separate form, during the submission process before uploading the manuscript file. The author can monitor the manuscript's stages of proceeding by his/her e-mail and personal password. Expert *ad hoc* reviewers evaluate the manuscripts to assist the Editorial Board with the final decision of approval, modification, or disapproval.

The complete manuscript should comply with the following sequence: TITLE, ABSTRACT, KEYWORDS, INTRODUCTION, MATERIAL AND METHODS, RESULTS AND DISCUSSION, ACKNOWLEDGEMENTS, REFERENCES, TABLES and FIGURES. The manuscript must be typed in Word for Windows, in Times New Roman, size 12, double-spacing, page format A4, with 20 mm margins and consecutive top right numbering. The double-spaced text must not exceed 18 pages, including separately placed TABLES and FIGURES (one a page) in the end of text. All the equations, models and symbols should be made in Microsoft Equation. The TITLE should be clear, concise, and express the gist of the article. It should not surpass 15 words, be typed in bold, left, with initial upper case letters. The authors' complete names, and their institutional addresses should be entered in the proofread. The ABSTRACT should not contain more than 150 words. A maximum of 5 KEYWORDS, different from the title, are allowed. The INTRODUCTION should include a brief literature review on the subject and aims of the study. MATERIAL AND METHODS must enable other researchers to repeat the experience. RESULTS AND DISCUSSION should be presented together for easiness of reading. ACKNOWLEDGEMENTS should be succinct, and limited to effective co-workers and financing agencies.

Be careful about the REFERENCES. Never cite summaries of events and theses, or any other unpublished literature. These measures will help shape a manuscript that will be a credit both to your article and to the journal. Citations mentioned in the text by the last name of the author and the year (for instance, Pereira and Amaral Júnior 2001, Chaves et al. 2020, Liu 2021) are to be alphabetically listed in the item REFERENCES, according to the following examples:

Articles in journals

Pereira MG and Amaral Júnior AT (2001) Estimation of genetic components in popcorn based on the nested design. **Crop Breeding and Applied Biotechnology** 1: 3-10.

Chaves MS, Silva GBP, Caierão E, Federizzi LC and Martinelli JA (2020) A century of wheat breeding in Brazil: the origin and inheritance of the Lr34 locus in wheat varieties released from 1922 to 2016. **Crop Breeding and Applied Biotechnology** 20: e27952027.

Book

Hallauer AR, Carena MJ and Miranda Filho JB (2010) **Quantitative genetics in maize breeding.** Springer, New York, 664p.

Chapter of book

Morais PPP and Borem A (2017) GM cultivars. In Silva FL, Borem A, Sediyaama T and Ludke WH (eds) **Soybean breeding**. Springer, New York, p. 174-189.

Congress

Frey KJ (1992) Plant breeding perspectives for the 1990s. In Stalker HT and Murphy JP (eds.) **Proceedings of the symposium on plant breeding in the 1990s**. CAB, Wallingford, p. 1-13.

The **CBAB** publishes, besides articles, other text forms, equally subjected to the discretion of ad hoc reviewers.

Review

Leading authors of certain topics will be asked for a Review by the Editorial Board (also restricted to 18 pages), which should shed light specifically on stirring subject matters that deserve a deeper analysis into their stage of development.

Notes

Notes are limited to 12 pages and designated to inform about new studies or observations, wherefore the analytical tools are not required. They may focus on a matter of broad interest; briefly describe an original study; report on participatory research; express observations of special interest in the fields of research, teaching, and applied sciences; or comment on the release of new software in a plant breeding-related area.

Plant breeding program

Outstanding breeding programs regarding innovation, efficiency, impact, and/or continuity can be portrayed in the **CBAB**, restricted to 18 pages.

Cultivars release

New cultivars deserve special attention for their key role in plant breeding, and consequently, for domestic agriculture. A contribution to this section should comprise an abstract of maximally 50 words, keywords, an introduction, mention the applied improvement methods, performance characteristics (with presentation comparative tests of means), foundation seed production, and contain a minimum of references (follow examples of articles references), tables, and figures. The entire text should not exceed 12 pages.

Software/Device release

New software programs and devices are going to be published in the Special section because of the importance they represent for the current improvement and, therefore, for agriculture. This new section must contain Abstracts limited to 50 words, Keywords, introduction, methods, history used for the development of the manuscript, performance characteristics, applications, forms of access and a minimum of references, tables and figures. The entire manuscript will be limited to 12 pages.

Authors of articles in the journal **CBAB – Crop Breeding and Applied Biotechnology** profit from the following benefits:

- CBAB is an diamond open access journal
- All articles are published free of charge
- Submission and review of articles electronically via ScholarOne
- Quick publication: average time of 83 days, in 2021
- PDF articles freely available on the WEB
- Evaluation by renewed national and international reviewers of the Web of Science
- Application of iThenticate software against plagiarism
- All articles are published with DOI and e-location
- Broad visibility, with publication of articles exclusively in English since 2001



Condições para submissão

Como parte do processo de submissão, os autores devem verificar a conformidade da submissão em relação a todos os itens listados a seguir. Submissões que não estejam de acordo com as normas são devolvidas aos autores.

1. O tamanho máximo de um arquivo individual deve ser 2 MB.
2. O manuscrito deve ser acompanhado de uma carta de submissão indicando que: a) os dados contidos no trabalho são originais e precisos; b) que todos os autores participaram do trabalho de forma substancial e estão preparados para assumir responsabilidade pública pelo seu conteúdo; c) a contribuição apresentada à Revista não foi previamente publicada e nem está em processo de publicação, no todo ou em parte em outro veículo de divulgação. A carta de submissão deve ser carregada no sistema da Acta Amazonica como "documento suplementar".
3. Os manuscritos devem ser escritos em inglês. A veracidade das informações contidas numa submissão é de responsabilidade exclusiva dos autores.
4. A extensão máxima para artigos e revisões é de 30 páginas (ou 7500 palavras, excluindo a folha de rosto), dez páginas (2500 palavras) para Notas Científicas e cinco páginas para outros tipos de contribuições.
5. Os manuscritos formatados conforme as Instruções aos Autores são enviados aos editores associados para pré-avaliação. Neste primeiro julgamento são levados em consideração a relevância científica, a inteligibilidade do manuscrito e o escopo no contexto amazônico.
6. Nesta fase, contribuições fora do escopo da Revista ou de pouca relevância científica são rejeitadas. Manuscritos aprovados na pré-avaliação são enviados para revisores (pelo menos dois), especialistas de instituições diferentes daquelas dos autores, para uma análise mais detalhada.
7. A aprovação dos manuscritos está fundamentada no conteúdo científico e na sua apresentação conforme as Normas da Revista.
8. Os manuscritos que necessitam correções são encaminhados aos autores para revisão. A versão corrigida deve ser encaminhada ao Editor, via sistema da Revista, no prazo de DUAS semanas. Uma carta de encaminhamento deve ser também carregada no sistema da Revista, detalhando as correções efetuadas. Nessa carta, recomendações não incorporadas ao manuscrito devem ser explicadas. Todo o processo de avaliação pode ser acompanhado no endereço, <http://mc04.manuscriptcentral.com/aa-scielo>.

- Seguir estas instruções para preparar e carregar o manuscrito:

a. Folha de rosto (Title page): Esta página deve conter o título, nomes (com último sobrenome em maiúscula), endereços institucionais completos dos autores e endereço eletrônico do autor correspondente. Os nomes das instituições não devem ser abreviados. Usar um asterisco (*) para indicar o autor correspondente.

Carregar este arquivo selecionando a opção: "Title page"

b. Corpo do manuscrito (main document). O corpo do manuscrito deve ser organizado da seguinte forma: Título, Resumo, Palavras-Chave, Introdução, Material e Métodos, Resultados, Discussão, Conclusões, Agradecimentos, Bibliografia Citada, Legendas de

figuras e Tabelas. Além do “main document” em inglês, o manuscrito deve ter “Título, Resumo e Palavras-chave” em português ou espanhol.

Carregar este arquivo como "Main document".

c. Figuras. São limitadas a sete em artigos. Cada figura deve ser carregada em arquivo separado e estar em formato gráfico (JPG ou TIFF). Deve ser em alta qualidade e com resolução de 300 dpi. Para ilustrações em bitmap, utilizar 600 dpi.

Carregar cada um destes arquivos como "Figure".

d. Tabelas. São permitidas até cinco tabelas por artigo. Utilizar espaço simples e a função "tabela" para digitar a tabela. As tabelas devem ser inseridas ao final do corpo do manuscrito (main document), após as legendas das figuras.

9. As Notas Científicas são redigidas separando os tópicos: Introdução, Material e Métodos, Resultados, Discussão e Conclusões em parágrafos, mas sem incluir os títulos das seções. Os outros tópicos da Nota Científica devem seguir o formato do artigo completo. São permitidas até três figuras e duas tabelas. Carregar as diferentes partes do manuscrito como descrito no Item 8.

10. Nomes dos autores e endereço institucional completo, incluindo endereço electrónico DEVEM ser cadastrados no sistema da Revista no ato da submissão.

11. **IMPORTANTE:** Os manuscritos não formatados conforme as Normas da Revista NÃO são aceitos para publicação.

FORMATO E ESTILO

12. Os manuscritos devem ser preparados usando editor de texto (e.g. doc ou docx), utilizando fonte "Times New Roman", tamanho 12 pt, espaçamento duplo, com margens de 3 cm. As páginas e as linhas devem ser numeradas de forma contínua. Para tabelas ver Item 8d.

13. Título. Justificado à esquerda, com a primeira letra maiúscula. O título deve ser conciso evitando-se o uso de nomes científicos

14. Resumo. Deve conter até 250 palavras (150 palavras no caso de Notas Científicas). Iniciar o Resumo com uma breve introdução, logo a seguir informar os objetivos de forma clara. De forma sucinta informar a metodologia, os resultados e as conclusões enfatizando aspectos importantes do estudo. O resumo deve ser autossuficiente para a sua compreensão. Os nomes científicos das espécies e demais termos em latim devem ser escritos em itálico. Siglas devem ser evitadas nesta seção; porém, se necessárias, o significado deve ser incluído. Não utilizar referências bibliográficas no resumo.

15. Palavras-chave. Devem ser em número de quatro a cinco. Cada palavra-chave pode conter dois ou mais termos. Porém, não devem ser repetidas palavras utilizadas no título.

16. Introdução. Enfatizar o propósito do trabalho e fornecer, de forma sucinta, o estado do conhecimento sobre o tema em estudo. Especificar claramente os objetivos ou hipóteses a serem testados. Esta seção não deve exceder de 35 linhas. Não incluir resultados ou conclusões e não utilizar subtítulos na Introdução. Encerrar esta seção com os objetivos.

17. Material e Métodos. Esta seção deve ser organizada cronologicamente e explicar os procedimentos realizados, de tal modo que outros pesquisadores possam repetir o estudo. O procedimento estatístico utilizado deve ser descrito nesta seção. O tipo de análise estatística aplicada aos dados deve ser descrita. Procedimentos-padrão devem ser apenas referenciados. As unidades de medidas e as suas abreviações devem seguir o Sistema Internacional e, quando necessário, deve constar uma lista com as abreviaturas utilizadas. Equipamento específico utilizado no estudo deve ser descrito (modelo, fabricante, cidade e país de fabricação, entre parênteses). Por exemplo: "A fotossíntese foi determinada usando um

sistema portátil de trocas gasosas (Li-6400, Li-Cor, Lincoln, NE, USA)". Material testemunho (amostra para referência futura) deve ser depositado em uma ou mais coleções científicas e informado no manuscrito. NÃO utilizar sub-subtítulos nesta seção. Utilizar negrito, porém não itálico ou letras maiúsculas para os subtítulos.

18. Aspectos éticos e legais. Para estudos que exigem autorizações especiais (e.g. Comitê de Ética/Comissão Nacional de Ética em Pesquisa - CONEP, IBAMA, SISBIO, CNPq, CNTBio, INCRA/FUNAI, EIA/RIMA, outros) informar o número do protocolo e a data de aprovação. É responsabilidade dos autores o cumprimento da legislação específica relacionada a estes aspectos.

19. Resultados. Os resultados devem apresentar os dados obtidos com o mínimo julgamento pessoal. Não repetir no texto toda a informação contida em tabelas e figuras. Não apresentar a mesma informação (dados) em tabelas e figuras simultaneamente. Não utilizar sub-subtítulos nesta seção. Algarismos devem estar separados de unidades. Por exemplo, 60 °C e NÃO 60° C, exceto para percentagem (e.g., 5% e NÃO 5 %).

Unidades: Utilizar unidades e símbolos do Sistema Internacional e simbologia exponencial. Por exemplo, cmol kg^{-1} em vez de $\text{meq}/100\text{g}$; m s^{-1} no lugar de m/s . Use espaço no lugar de ponto entre os símbolos: m s^{-1} e não m.s^{-1} ; use “-” e não “-” para indicar número negativo. Por exemplo: -2 no lugar de -2. Use kg e não Kg; km no lugar de Km.

20. Discussão. A discussão deve ter como alvo os resultados obtidos. Evitar mera especulação. Entretanto, hipóteses bem fundamentadas podem ser incorporadas. Apenas referências relevantes devem ser incluídas.

21. Conclusões. Esta seção (um parágrafo) deve conter uma interpretação sucinta dos resultados e uma mensagem final que destaque as implicações científicas do trabalho.

22. Agradecimentos devem ser breves e concisos. Incluir agência(s) de fomento. NÃO abreviar nomes de instituições.

23. Bibliografia Citada. Pelo menos 70% das referências devem ser artigos de periódicos científicos. As referências devem ser preferencialmente dos últimos 10 anos, evitando-se exceder 40 citações. Esta seção deve ser organizada em ordem alfabética e deve incluir apenas citações mencionadas no manuscrito. Para referências com mais de dez autores, relacionar os seis primeiros seguido de et al. Nesta seção, o título do periódico NÃO deve ser abreviado.

Observar os exemplos abaixo:

a) Artigos de periódicos:

Villa Nova, N.A.; Salati, E.; Matsui, E. 1976. Estimativa da evapotranspiração na Bacia Amazônica. *Acta Amazonica*, 6: 215-228.

Artigos de periódicos que não seguem o sistema tradicional de paginação:

Ozanne, C.M.P.; Cabral, C.; Shaw, P.J. 2014. Variation in indigenous forest resource use in Central Guyana. *PLoS ONE*, 9: e102952.

b) Dissertações e teses:

Ribeiro, M.C.L.B. 1983. As migrações dos jaraquis (Pisces: Prochilodontidae) no rio Negro, Amazonas, Brasil. Dissertação de Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Fundação Universidade do Amazonas, Manaus, Amazonas. 192p.

c) Livros:

Steel, R.G.D.; Torrie, J.H. 1980. Principles and procedures of statistics: a biometrical approach. 2da ed. McGraw-Hill, New York, 1980, 633p.

d) Capítulos de livros:

Absy, M.L. 1993. Mudanças da vegetação e clima da Amazônia durante o Quaternário. In: Ferreira, E.J.G.; Santos, G.M.; Leão, E.L.M.; Oliveira, L.A. (Ed.). Bases científicas para estratégias de preservação e desenvolvimento da Amazônia. v.2. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Amazonas, p.3-10.

e) Citação de fonte eletrônica:

CPTEC, 1999. Climanalise, 14: 1-2 (www.cptec.inpe.br/products/climanalise). Acesso em 19/05/1999.

f) Citações com mais de dez autores:

Tseng, Y.-H.; Kokkotou, E.; Schulz, T.J.; Huang, T.L.; Winnay, J.N.; Taniguchi, C.M.; et al. 2008. New role of bone morphogenetic protein 7 in brown adipogenesis and energy expenditure. *Nature* 454:1000-1004.

23. Citações de referências no texto. As referências devem seguir ordem cronológica. Para duas ou mais referências do mesmo ano citar conforme a ordem alfabética. Exemplos:

a) Um autor:

Pereira (1995) ou (Pereira 1995).

b) Dois autores:

Oliveira e Souza (2003) ou (Oliveira e Souza 2003).

c) Três ou mais autores:

Rezende et al. (2002) ou (Rezende et al. 2002).

d) Citações de anos diferentes (ordem cronológica):

Silva (1991), Castro (1998) e Alves (2010) ou (Silva 1991; Castro 1998; Alves 2010).

e) Citações no mesmo ano (ordem alfabética):

Ferreira et al. (2001) e Fonseca et al. (2001); ou (Ferreira et al. 2001; Fonseca et al. 2001).

FIGURAS

25. Fotografias, desenhos e gráficos devem ser de alta resolução, em preto e branco com alto contraste, numerados sequencialmente em algarismos arábicos. NÃO usar tonalidades de cinza em gráficos de dispersão (linhas ou símbolos) ou gráficos de barra. Em gráfico de dispersão usar símbolos abertos ou sólidos (círculos, quadrados, triângulos, ou losangos) e linhas em preto (contínuas, pontilhadas ou tracejadas). Para gráfico de barra, usar barras pretas, bordas pretas, barras listradas ou pontilhadas. Na borda da área de plotagem utilizar uma linha contínua e fina, porém NÃO usar uma linha de borda na área do gráfico. Em figuras compostas cada uma das imagens individuais deve ser identificada com uma letra maiúscula posicionada no canto superior direito, dentro da área de plotagem.

26. Evitar legendas desnecessárias na área de plotagem. Nos títulos dos eixos ou na área de plotagem NÃO usar letras muito pequenas (< tamanho 10 pt). Nos eixos usar marcas de escala internas. NÃO usar linhas de grade horizontais ou verticais, exceto em mapas ou ilustrações similares. O significado das siglas utilizadas deve ser descrito na legenda da figura. Cada eixo do gráfico deve ter o seu título e a unidade. Evitar muitas subdivisões nos eixos (cinco a seis seriam suficientes). Em mapas incluir escala e pelo menos um ponto cardeal.

27. As figuras devem ser elaboradas de forma compatível com as dimensões da Revista, ou seja, largura de uma coluna (8 cm) ou de uma página 17 cm e permitir espaço para a legenda. As ilustrações podem ser redimensionadas durante o processo de produção para adequação ao espaço da Revista. Na figura, quando for o caso, a escala deve ser indicada por uma barra (horizontal) e, se necessário, referenciadas na legenda da figura. Por exemplo, barra = 1 mm.

28. Citação de figuras no texto. As figuras devem ser citadas com letra inicial maiúscula, na forma direta ou indireta (entre parêntesis). Por exemplo: Figura 1 ou (Figura 1). Na legenda, a figura deve ser numerada seguida de ponto antes do título. Por exemplo: "Figura 1. Análise...". Definir na legenda o significado de símbolos e siglas usados. Figuras devem ser autoexplicativas.

29. Figuras de outras autorias. Para figuras de outras autorias ou publicadas anteriormente, os autores devem informar explicitamente no manuscrito que a permissão para reprodução foi concedida. Carregar no sistema da Revista (não para revisão), como documento suplementar, o comprovante outorgado pelo detentor dos direitos autorais.

30. Adicionalmente às figuras inseridas no sistema em formato TIFF ou JPG, os gráficos preparados usando Excel ou SigmaPlot podem ser carregados como arquivos suplementares (selecionando a opção Not for review).

31. Ilustrações coloridas. Fotografias e outras ilustrações devem ser preferencialmente em preto e branco. Ilustrações coloridas são aceitas, mas o custo de impressão é por conta dos autores. Sem custo para os autores, podem ser usadas ilustrações em preto e branco na versão impressa e coloridas na versão eletrônica. Nesse caso, isso deve ser informado na legenda da figura. Por exemplo, adicionando a sentença: " this figure is in color in the electronic version". Esta última informação é para os leitores da versão impressa.

Os autores podem ser convidados a enviar uma fotografia colorida, para ilustrar a capa da Revista. Nesse caso, não há custos para os autores.

TABELAS

32. As tabelas devem ser organizadas e numeradas sequencialmente com algarismos arábicos. A numeração e o título (legenda) devem estar em posição superior à tabela. A tabela pode ter notas de rodapé. O significado das siglas e dos símbolos utilizados na tabela (cabeçalhos, etc.) devem ser descritos no título. Usar linhas horizontais acima e abaixo da tabela e para separar o cabeçalho do corpo da tabela. Não usar linhas verticais.

33. As tabelas devem ser elaboradas em editor de texto (e.g. doc ou docx) e não devem ser inseridas no texto como imagem (e.g. no formato JPG).

34. A citação das tabelas no texto pode ser na forma direta ou indireta (entre parêntesis), por extenso, com a letra inicial maiúscula. Por exemplo: Tabela 1 ou (Tabela 1). Na legenda, a tabela deve ser numerada seguida de ponto antes do título: Por exemplo: "Tabela 1. Análise...". Tabelas devem ser autoexplicativas.

Formatação do manuscrito

O manuscrito deve ser preparado de acordo com as especificações abaixo (Tabela 1).

Tabela 1 – Regras de formatação do artigo

| | |
|--|--|
| Formatação do artigo | Microsoft Word DOC, DOCX |
| Tamanho do arquivo | Até 10 MB |
| Espaçamento entre linhas | 1.5 |
| Recuo do paragrafo | 1.25 cm |
| Tamanho da Folha | A4 (210 X 297 mm) |
| Margem | 2.5 cm |
| Fonte | Times New Roman, 12 |
| Numeração das linhas | Todas as linhas numeradas |
| Número máximo de palavras, incluindo tabelas e figuras | 6000 palavras |
| Número de palavras-chave | 3 |
| Tamanho do resumo | 280 palavras |
| Título do artigo | O título deve estar com letras maiúsculas, fonte em negrito, exceto nos casos que possuem regras apropriadas, como nomes botânicos. |
| Principais tópicos do artigo | Devem estar com letras maiúsculas, negrito e numerados sequencialmente começando com a INTRODUÇÃO que recebe o número 1 (1. INTRODUÇÃO). |
| Subtítulos | Primeira letra maiúscula e as demais minúsculas, exceto aquelas que possuem regras gramaticais apropriadas e numeradas sequencialmente (ex.: 2.1). |

Área de estudo)

2.4 Tabelas

- Os títulos das tabelas devem ser autoexplicativos e escritos antes da tabela;
- As tabelas devem ser numeradas com números árabes consecutivos (ex. Tabela 1 –). Observe os espaços e a linha de traço necessários;
- As tabelas devem ser citadas no texto entre parênteses, p.ex. (Tabela 1) ou (Tabelas 1 e 2),
- A fonte dos dados apresentados nas Tabelas (Fonte:) deve ser inserida na parte inferior das tabelas;
- A(s) tabela(s) deve(m) ser colocada(s) no final do manuscrito e sua inserção no texto deve ser indicada como: inserir aqui Tabela 1

2.5 Figuras (gráfico, mapa, imagem, fotografia e desenho)

- As figuras devem ser claras e seus títulos escritos na parte inferior.
- As figuras devem ser numeradas com números árabes consecutivos (ex. Figura 1 –). Observe os espaços e a linha de traço necessária.
- As figuras devem ser citadas no texto entre parênteses (ex. (Figura 1) ou (Figuras 1 e 2)).
- A fonte dos dados apresentados nas Figuras (Fonte:) deve ser inserida na parte inferior das figuras.
- As figuras devem ser colocadas no final do manuscrito e sua inserção no texto deve ser indicada como: inserir aqui a Figura 1.
- Figuras contendo subgrupos, nomear os subgrupos com letras maiúsculas (sem parênteses sem ponto após as letras) no canto superior esquerdo de cada subgrupo.
- As figuras agrupadas são citadas no texto da seguinte forma entre parênteses (ex.: Figura 1A, Figura 1B, etc.).
- As figuras devem ser de preferência coloridas para publicação online.

2.6 Instruções matemáticas

As principais instruções matemáticas são:

- Preferencialmente, use um software com suporte interno para escrever e editar equações.
- As equações citadas no texto devem ser numeradas em série e entre parênteses (Equação 1, Equação 2, etc.) A numeração da equação (Eq. 1, Eq. 2, etc.), deve estar alinhada à direita do texto.
- Abaixo da equação, identifique os símbolos com as unidades.
- A barra (slash) “/” deve ser usada para frações simples em vez de uma linha horizontal, ex.: 1/5; 3/8).

2.7 Nomenclatura Botânica

O gênero e o nome científico das espécies devem estar em itálico e seguir as regras do Código Internacional de Nomenclatura: algas, fungos e plantas – Código Melbourne (<http://www.iapt-taxon.org/nomen/main.php>)

Os nomes científicos das espécies devem ser submetidos com o(s) autor(es) do nome (por exemplo, *Pinus sylvestris* L.) na primeira vez que são mencionados no título, resumo ou texto e, depois disso, sem autores.

2.8 Sistema de unidades

As unidades de medidas devem ser apresentadas conforme o Sistema Internacional de Unidades (SI).

2.9 Estilo de referências, lista de referências e citações no texto

As principais diretrizes são:

- A Revista *Árvore* utiliza a norma Vancouver.
- As referências devem ser, principalmente, recentes e de artigos científicos publicados em revistas indexadas.
- As notas de rodapé não são aceitas.
- Citações no texto:

Um autor: Siiskonen (2013) ou (Siiskonen, 2013)

Dois autores: Rottensteiner and Stampfer (2013) ou (Rottensteiner and Stampfer, 2013)

Tres autores ou mais: Cohen et al. (2016) ou (Cohen et al., 2016)

- Citação no texto dos autores com o mesmo sobrenome e data (por exemplo, Souza L, 2001; Souza E, 2001) devem utilizar a letra do alfabeto para se diferenciar as citações (Souza, 2001a e Souza, 2001b).

Exemplos do estilo de referência Revista *Árvore* para artigos, livros e outras publicações:

| Artigo em revista científicas | |
|--------------------------------------|---|
| Autores | Exemplos de Referências |
| Um autor | Siiskonen H. From economic to environmental sustainability: The forest management debate in 20th. century Finland and Sweden. <i>Environment, Development and Sustainability</i> , 2013;15(5):1323-36. doi: 10.1007/s10668-013-9442-4 |
| Dois autores | Rottensteiner C, Stampfer K. Evaluation of operator vibration exposure to chainsaws equipped with a kesper safety bar. <i>Scandinavian Journal of Forest Research</i> . 2013;28(2):193-200. doi: 10.1080/02827581.2012.706636 |
| Três até seis autores | Korhonen L, Ali-Sisto D, Tokola T. Tropical forest canopy cover estimation using satellite imagery and airborne lidar reference data. <i>Silva Fennica</i> . 2015;49(5):1-18. doi: 10.14214/sf.1405 Perez SCJGA, Fanti SC, Casali CA. Dormancy break and light quality effects on seed germination of <i>Peltophorum dubium</i> Taub. <i>Revista Árvore</i> . 1999;23(2):131-7. |
| Mais que seis autores | Cohen WB, Yang Z, Stehman SV, Schroeder TA, Bell DM, Masek JG, et al. Forest disturbance across the conterminous united states from 1985–2012: The emerging dominance of forest decline. <i>Forest Ecology and Management</i> . 2016;360(15):242-52. doi: 10.1016/j.foreco.2015.10.042 |

| Artigos de fontes da internet | |
|--------------------------------------|--|
| Autores | Exemplos de Referências |
| Um autor | Whiteman G. Sustainability for the planet: A marketing perspective. Ecology and Society [Internet]. 1999;3(1) [cited 2016 May 18]. Available http://www.ecologyandsociety.org/vol3/iss1/art13/ |
| Três até seis autores | Ließ M, Hitziger M, Huwe B. The sloping mire soil-landscape of Southern Ecuador: Influence of predictor resolution and model tuning on random forest predictions. Applied and Environmental Soil Science. 2014;2014:10. doi: 10.1155/2014/603132 |
| Livros | |
| Autores | Exemplos de Referências |
| Um autor | Couto HA. Ergonomia aplicada ao trabalho: O manual técnico da máquina humana. Belo Horizonte: Ergo; 1996. v.2 |
| Dois autores | Landsberg JJ, Sands P. Physiological ecology of forest production: principles, processes and models. New York: Academic Press/ Elsevier, 2010. ISBN 9780123744609. |
| Três até seis autores | Bettinger P, Boston K, Siry JP, Grebner DL. Forest management and planning. New York: Academic Press; 2009. ISBN 0080921582. |
| | |
| Edição de livros | |
| Editores | Exemplos de Referências |
| Um autor | Kanaway G, editor. Introduction to work study. 4ª. ed. Geneva: Internatinal Labour Office; 1992. ISBN 9221071081. |
| Dois autores | Kant S, Alavalapati JRR, editors. Handbook of forest resource economics. New York: Routledge; 2014. ISBN ISBN 9780415623247. |
| Três até seis autores | Sanchez-Azofeifa A, Powers JS, Fernandes GW, Quesada M, editors. Tropical dry forests in the americas: Ecology, conservation, and management. New York: CRC Press, 2014. ISBN 9781466512009. |
| Mais que seis autores | Arezes PM, Baptista JS, Barroso MP, Carneiro P, Cordeiro P, Costa N, et al., editors. Occupational safety and hygiene III. Balkema: CRC Press; 2015. ISBN 9781138027657. |

| Capítulo ou seção de livro | |
|---|--|
| Autores | Exemplos de Referências |
| Um autor | Ribeiro CAAS. Floresta de precisão. In: CC Machado, editor. Colheita florestal. 3 ^a . ed. Viçosa, MG: Editora UFV; 2014. |
| Dois autores | Schlaepfer R, Elliott E. Ecological and landscape considerations in forest management: The end of forestry. In: von Gadow K, Pukkala T, Tomé M, editors. Sustainable forest management. Dordrecht: Kluwer Academic Publisher; 2000. p.1-67. ISBN 9781402002786. |
| Três até seis autores | Alho JM, Korhonen P, Leskinen P. Measurement of preferences in multiple criteria evaluation. In: Pukkala T, Pukkala G, editors. Multi-objective forest planning. Dordrecht: Kluwer Academic Publisher; 2002. p. 21-36. ISBN 9789048162079. |
| Electronic books (E-Books) | |
| Autores | Exemplos de Referências |
| Um autor | Sessions J. Harvesting operations in the tropics [Internet]. New York: Springer; 2007. [cited 2016 July 06]. Available from: https://books.google.com.br/books?id=HdhqHpAwU9UC&pg=PA26&dq=forest+and+ergonomic&hl=pt-BR&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=forest%20and%20ergonomic&f=false ISBN 978354046391-7 |
| Dois autores | Buongiorno J, Gilles J. Decision methods for forest resource management [Internet]. New York: Academic Press; 2003. [cited 2016 July 06]. Available from: https://books.google.com.br/books?id=Yof-4881S60C&pg=PR15&lpg=PR15&dq=forest+resources+book&source=bl&ots=bC7kANvsh a&sig=dtmLPnodS92YJS6jbuiJVWqFmIA&hl=pt-BR&sa=X&ved=0ahUKEwink7i0uuHNAhWHPpAKHSuDDUs4ChDoAQhEMAY#v=onepage&q=forest%20resources%20book&f=true ISBN 9780080491042 |
| Três a Seis Autores | Bettinger P, Boston K, Siry JP, Grebner DL. Forest management and planning [Internet]. New York: Academic Press; 2009 [cited 2016 May 20]. Available from: https://books.google.com.br/books?id=XXbE7KJHN1kC&printsec=frontcover&hl=pt-BR#v=onepage&q&f=false . ISBN 9780080921587 |
| Livro Eletrônico (E-books) capítulo ou seção | |
| Autores | Exemplos de Referências |
| Um autor | Vanclay JK. Modelling continuous cover forests. In: Continuous cover forestry [Internet]. New York: Springer; 2012. [cited 2016 July 07]. Available from: https://books.google.com.br/books?id=XVs5X3SZ2DcC&printsec=frontcover&hl=pt- |

| | |
|---|--|
| | BR&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=true ISBN 9789400722026 |
| Dois autores | Pekkarinen A, Tuominen S. Stratification of a forest area for multisource forest inventory by means of aerial photographs and image segmentation. In: Advances in forest inventory for sustainable forest management and biodiversity monitoring [Internet]. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers; 2003 [cited 2016 July 07]. Available from: https://books.google.com.br/books?id=EQLxCAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=forest+resources++ebook&hl=pt-BR&sa=X&ved=0ahUKEwjWjKCq_-HNahWJI5AKHaNzAhQ4ChDoAQhFMAM#v=onepage&q&f=false ISBN 9789401706490 |
| Três a Seis Autores | Alho JM, Korhonen P, Leskinen P. Measurement of preferences in multiple criteria evaluation. In: Pukkala I. Multi-objective forest planning [Internet]. Dordrecht: Kluwer Academic Publisher; 2002b [cited 2016 May 20]. Available from: https://books.google.com.br/books?id=kLvvcAAAQBAJ . ISBN 9789048162079. |
| Mais de seis autores | von Gadow K, Zhang CY, Wehenkel C, Pommerening A, Corral-Rivas J, Korol M, et al. Forest structure and diversity. In: Continuous cover forestry [Internet]. New York: Springer; 2012. [cited 2016 July 07]. Available from: https://books.google.com.br/books?id=XVs5X3SZ2DcC&printsec=frontcover&hl=pt-BR&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=true ISBN 9789400722026 |
| Publicações de organização e governo | |
| Autores | Exemplos de Referências |
| Organização | Indústria Brasileira de Árvores – IBÁ. Estatística da indústria brasileira de árvores. 2016 [cited 2016 may 20]. Edition 24. Available from: http://iba.org/images/shared/Cenarios/Cenarios_mai2016.pdf |
| Organização | The Forest Research Institute of Sweden – SKOGFORSK. Ergonomic guidelines for forest machines. Uppsala, Sweden: Swedish National Institute for Working Life; 1999. 86p. |
| Governo | Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis – IBAMA. Unidades de Conservação. 2005. [acessado: 20 abr.2012]. Disponível: http://www.ibama.gov.br/supes-am/unidades-de-conservacao |
| Padrão ou Normas | |
| Autor | Exemplos de Referências |
| Organização | International Organization for Standardization – ISO. ISO 2631-1: mechanical vibration and shock: evaluation of human exposure to whole-body vibration: Part. 1: general requirements. 2ª. ed. Geneva: International Organization for Standardization; 1997. |

| | |
|--|--|
| Organiz ação | Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. NBR 15630: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação do módulo de elasticidade dinâmico através da propagação de onda ultrassônica. Rio de Janeiro: 2008. |
| Legislação | |
| Autores Exemplos de Referências | |
| Govern o | Brasil. Lei n° 12.651 of 2012. 2012 [cited 2016 may 20]. Available from: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/L12651compilado.htm . |
| Govern o | Brasil. Portaria n.º 1.297, de 13 de ago. de 2014 do Ministério do Trabalho e Emprego. Atividades e operações insalubres, Anexo n° 8 – Vibração. Diário Oficial [da República Federativa do Brasil] Brasília, 13 de ago. de 2014 |
| Govern o | Brasil. Decreto n. 89.271, de 4 de jan. de 1984. Dispõe sobre documentos e procedimentos para despacho de aeronave em serviço internacional. Lex: Coletânea de Legislação e Jurisprudência. 1984 jan/mar 4;48:3-4. Legislação Federal e margiália |
| Govern o | Brasil. Lei n. 8.142, de 28 de dez. de 1990. Dispõe sobre a participação da comunidade na gestão do Sistema Único de Saúde (SUS) e sobre as transferências intergovernamentais de recursos financeiros na área da saúde. Portal da Legislação: Leis Ordinárias. 2013. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L8142.htm |
| Govern o | Public Law. Prentive Hevealth Amendments of 1993, Pub. L. N° 103-183, 107 Stat. 2226 (Dec.14, 1993) |
| Organiz ador/ Editora Saraiva | Brasil. <u>Código civil: lei n. 3071, de 1-01-1916, atualizada e acompanhada de legislação complementar</u> . Oliveira J, organizador São Paulo: Saraiva; 1987. 912p. |
| Programas de Computador | |
| Autores Exemplo de referências | |
| Corpora ção | ESRI. ArcGIS desktop. Version 10.1. Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute; 2011. |
| Autores | Conrad O, Bechtel B, Bock M, Dietrich H, Fischer E, Gerlitz L et al. System for Automated Geoscientific Analyses (SAGA) 2015. v.2.1.4; Geoscientific Model Development. 1991-2007:8. doi:10.5194/gmd-8-1991-2015. |

| Patentes | |
|-----------------|--|
| Autores | Exemplo de referências |
| Inventor | Nogueira MM. Branqueamento de celulose kraft através de oxigênio. BR. n. MT023467. 1978 maio 31. |
| Inventor | Casa Erlan Ltda, Silva MA. Embalagens especiais. BR n. DT456345. 1990 out. 12. |