



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO**  
**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA**

**WESLEY THADEU MELO LIMA**

**REPETIBILIDADE PARA CARACTERES DE INFLORESCÊNCIA EM  
GERMOPLASMA DE TUCUMANZEIRO**

**BELÉM – PA**

**2025**

**WESLEY THADEU MELO LIMA**

**REPETIBILIDADE PARA CARACTERES DE INFLORESCENCIA EM  
GERMOPLASMA DE TUCUMANZEIRO).**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Universidade Federal Rural da Amazônia, na área de melhoramento genético, como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrônômica.

Orientador acadêmico: Profa. Dra. Thâmara Moura Lima. Orientador técnico: Dra. Maria do Socorro Padilha de Oliveira.

**BELÉM – PA**

**2025**

---

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Bibliotecas da Universidade Federal Rural da Amazônia  
Gerada automaticamente mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

L732r Lima, Wesley Thadeu Melo  
Repetibilidade para caracteres de inflorescência de germoplasma de Tucumanzeiro / Wesley Thadeu Melo Lima. - 2025.  
34 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Curso de Agronomia, Campus Universitário de Belém, Universidade Federal Rural Da Amazônia, Belém, 2025.

Orientador: Profa. Dra. Thâmara Moura Lima

Coorientador: Profa. Dra. Maria do Socorro Padilha de Oliveira .

1. *Astrocaryum vulgare* . 2. Palmeiras. 3. Banco ativo de germoplasma . 4. Morfologia floral. 5. Melhoramento genético . I. Lima, Thâmara Moura , *orient.* II. Título

CDD 584.509811

---

**WESLEY THADEU MELO LIMA**

**REPETIBILIDADE PARA CARACTERES DE INFLORESCENCIA EM  
GERMOPLASMA DE TUCUMANZEIRO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à  
Universidade Federal Rural da Amazônia, na  
forma de trabalho de conclusão de curso, na  
área de melhoramento de Plantas (palmeiras),  
como requisito para a obtenção do título de  
Bacharel em Engenharia Agrônômica.

**Aprovado em \_13\_ de \_\_Agosto\_\_ de 2025\_\_**

**Banca Examinadora:**

---

Dra. Thâmara Moura Lima

Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA

Orientadora




---

Dra. Maria do Socorro Padilha de Oliveira

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA

Co – orientadora


 Documento assinado digitalmente  
FELIPE DE SOUZA OLIVEIRA  
Data: 08/09/2025 20:50:40-0300  
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

---

MSc. Felipe de Souza Oliveira

Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA

Membro 1

 Documento assinado digitalmente  
LEIDIANE DE CASSIA DE SOUSA LIMA  
Data: 08/09/2025 11:10:04-0300  
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

---

MSc. Leidiane de Cássia de Sousa Lima

Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA

Membro 2

Dedico este trabalho à Deus por toda sabedoria dada e bênçãos em meu caminho. À minha família por todo suporte, amor e apoio em toda a minha jornada.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por todas as graças e bênçãos recebidas durante essa caminhada e pela conclusão deste trabalho e do curso. À minha mãe do céu Nossa Senhora de Nazaré que sempre esteve ao meu lado, guiando-me pelos melhores caminhos.

Agradeço aos meus maiores motivadores, exemplo e inspiração, meu pai, Charles, à minha mãe, Gisele e ao meu irmão, Warley e aos meus gatos, em especial a Bella. Muito obrigado, mãe, pai e irmão e meus gatos por serem meu alicerce nessa caminhada, amo vocês.

Agradeço à minha família maravilhosa: as minhas tias Gilmara e Kátia, meus primos, Jhesse, Heitor e Maria Eduarda. A minha madrinha, Katiane, ao meu avô, Solano e em especial a minha avó e segunda mãe, Aracy, que hoje já está no céu, mas está orando, me guiando e me assistindo nessa caminhada.

Agradeço a minha orientadora da Embrapa, Dra. Socorro Padilha, por ser exemplo de ótima profissional, oferecer conselhos, acolhimento, ensinar além do conhecimento científico e pelo apoio contínuo.

Agradeço a minha orientadora Thâmara Lima, por ser amiga, oferecer conselhos e acolhimento, e ensinar além do conhecimento científico.

Agradeço à minha namorada, Hevenlly, por estar ao meu lado, pelos conselhos dados, pelas risadas, beijos, brincadeiras e companheirismo que deixam meu dia a dia mais leve e feliz, te amo. Agradeço também a minha sogra, Dinéia, pelo acolhimento em sua casa, pelas conversas e comidas saborosas, muito obrigado.

Agradeço aos meus amigos e companheiros de estágio do laboratório de fitomelhoramento da EMBRAPA por todo o acolhimento e ensinamentos e apoio.

Agradeço aos meus amigos do grupo Nutripalma, Mario, Eduardo, Vitória, Thyanne, Shirley, Aline e aos tutores, professores Daniel e Ana Regina. Muito obrigado pelo acolhimento, conselhos, conhecimentos, viagens e apoio.

Agradeço à minha grande amiga Maria Luiza, pelas risadas, conversas, conselhos, brincadeiras, conhecimentos e por sempre ter uma palavra amiga quando precisei. Foi um privilégio conhecê-la e ter uma amizade muito importante para mim.

Agradeço aos meus amigos Arthur, Sabrina e Yago por serem as minhas primeiras amizades e meu primeiro grupo na faculdade. Agradeço também aos meus amigos Erlon e Eduardo, por várias conversas, discussões de futebol e brincadeiras.

Agradeço aos amigos da UFRA: Wellygton, a turma do xixicos, e a todos os outros amigos por compartilharem conhecimento e amizade.

Agradeço a todos os professores do Campus UFRA – BELÉM que foram indispensáveis na construção de todo o conhecimento que obtive neste curso. Agradeço em especial a professora Ana Regina por ser minha mãe na UFRA, por todo o apoio, conselhos e conhecimentos compartilhados ao longo dessa caminhada.

À Embrapa Amazônia Oriental pelo apoio financeiro do trabalho, pela infraestrutura, mão de obra e apoio na coleta de dados, com o apoio de bolsa auxílio ITI A via projeto “REGEN\_16\_19\_Bancos de Germoplasma de Palmeiras” (10.20.02.001.00).

A todos que me ajudaram e estiveram ao meu lado, muito obrigado!

**Wesley Thadeu Melo Lima**

"Seja você quem for, seja qual for a posição social que você tenha na vida, a mais alta ou a mais baixa, tenha sempre como meta muita força, muita determinação e sempre faça tudo com muito amor e com muita fé em Deus, que um dia você chega lá. De alguma maneira você chega lá."

AYRTON SENNA, 1994.

## RESUMO

O *Astrocaryum vulgare*, popularmente conhecido como tucumã, é uma palmeira nativa da Amazônia com grande importância ecológica, socioeconômica e potencial para a agroindústria, especialmente na produção de frutos e óleo. A avaliação da variabilidade genética em bancos de germoplasma é essencial para subsidiar estratégias de conservação e orientar programas de melhoramento genético de espécies nativas. Nesse contexto, este trabalho teve por objetivo analisar a variabilidade genética entre os acessos de *A. vulgare*, os quais estão conservados no Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Amazônia Oriental. Foram utilizados descritores morfológicos, tanto qualitativos quanto quantitativos, para avaliação e análise. A avaliação foi procedida com base em 45 genótipos, em relação a quatro características qualitativas (CorP, CorA, CorFF e CorF) e quatro quantitativas das inflorescências (CR, DPFF, NFF, NFM). Para análise, foram aplicados métodos de análise de repetibilidade, como ANOVA, componentes principais e análise estrutural. Os resultados revelaram uma alta repetibilidade nas características qualitativas, especialmente na cor da pétala (CorP). Já entre as características quantitativas, o número de flores masculinas (NFM) e o comprimento da ráquila (CR) mostraram maior estabilidade. Por outro lado, caracteres como a distância da primeira flor feminina e o número de flores femininas exigem um número maior de amostras para garantir confiabilidade, refletindo maior sensibilidade a variações ambientais. Esses resultados fornecem um suporte técnico importante para a escolha de descritores eficientes, otimizando a conservação e o melhoramento genético da espécie.

Palavras-chave: *Astrocaryum vulgare*, variabilidade genética, análises de componentes principais morfologia floral.

## ABSTRACT

The *Astrocaryum vulgare*, popularly known as fiber palm, is a palm tree native to the Amazon with great ecological and socioeconomic importance and potential for agroindustry, especially for fruit and oil production. Assessing genetic variability in genebanks is essential to support conservation strategies and guide genetic improvement programs for native species. In this context, this study aimed to analyze the genetic variability among *A. vulgare* accessions conserved in the Active Germplasm Bank of Embrapa Amazon Eastern. Morphological descriptors, both qualitative and quantitative, were used for evaluation and analysis. The evaluation was based on 45 accessions, for four qualitative traits (CorP, CorA, CorFF, and CorF) and four quantitative traits of the inflorescences (CR, DPFF, NFF, NFM). Repeatability

analysis methods, such as ANOVA, principal components analysis, and structural analysis, were applied for the analysis. The results revealed high repeatability in qualitative traits, especially petal color (PColor). Among the quantitative traits, the number of male flowers (NFM) and rachilla length (CR) showed greater stability. These results provide important technical support for the selection of efficient descriptors, optimizing the conservation and genetic improvement of the species. On the other hand, traits such as distance to the first female flower and number of female flowers require a larger number of samples to ensure reliability, reflecting greater sensitivity to environmental variations.

Keywords: *Astrocaryum vulgare*, genetic variability, principal component analysis , floral morphology

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>12</b>
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	<b>13</b>
<b>2.1. GERAL</b> .....	<b>13</b>
<b>2.2. ESPECÍFICOS</b> .....	<b>13</b>
<b>3. REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>13</b>
<b>3.1. ASPECTOS GERAIS DA ESPÉCIE</b> .....	<b>13</b>
<b>3.2. POTENCIAL ECONÔMICO</b> .....	<b>16</b>
<b>3.3. REPETIBILIDADE DE PALMEIRAS</b> .....	<b>18</b>
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>20</b>
<b>4.1. COLETAS DE RÁQUILAS DA INFLORESCÊNCIA</b> .....	<b>22</b>
<b>4.2. AVALIAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DOS CARACTERES</b> .....	<b>23</b>
<b>4.3. ANÁLISE DE DADOS</b> .....	<b>23</b>
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>25</b>
<b>5.1. IMPLICAÇÕES PARA MELHORAMENTO GENÉTICO</b> .....	<b>28</b>
<b>6. CONCLUSÃO</b> .....	<b>28</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>29</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A conservação da agrobiodiversidade se tornou uma prioridade em nível global, especialmente devido à erosão genética que ameaça recursos vegetais essenciais. Isso é particularmente preocupante em regiões tropicais ricas em biodiversidade, como a Amazônia (FAO, 2010). Nesse contexto, espécies nativas como o tucumanzeiro, onde são extremamente importantes, vem se destacando por seu potencial agrônomo, ecológico e socioeconômico, além de serem amplamente distribuídas na região Norte do Brasil. Os frutos dessa palmeira vem sendo utilizados na alimentação humana, na produção de óleo e em atividades extrativistas (Costa *et al.*, 2021; Andrade *et al.*, 2016).

Essa espécie pertence à família Arecaceae e ao gênero *Astrocaryum*, o qual apresenta espécies com uma diversidade fenotípica significativa e uma notável adaptabilidade a diferentes condições de solo e clima (Henderson *et al.*, 1995). Dentre elas tem-se o tucumanzeiro, *Astrocaryum vulgare* Mart. que se destaca por sua rusticidade, precocidade e aceitação regional, tornando-se alvo de estudos focados na domesticação, manejo sustentável e programas de melhoramento genético (Silva *et al.*, 2022).

A manutenção de Bancos Ativos de Germoplasma (BAG's), como o BAG Tucumã, é uma estratégia crucial para a conservação *ex situ* da variabilidade genética, garantindo acesso contínuo a recursos genéticos fundamentais para pesquisas e desenvolvimento agrícola (Medeiros *et al.*, 2019). No entanto, para que esses bancos sejam eficazes, é vital que haja um enriquecimento contínuo dos acessos, juntamente com uma caracterização morfológica detalhada, avaliação agrônoma e documentação sistemática, conforme recomendado pela Embrapa (EMBRAPA, 2013).

A caracterização morfoagronômica, que se baseia em descritores qualitativos e quantitativos, e permite avaliar a divergência genética entre os acessos, identificar materiais promissores e estimar parâmetros como herdabilidade e coeficientes de variação genética e ambiental. Essas ferramentas são essenciais para direcionar estratégias de conservação e uso sustentável (Cruz, 2012).

A repetibilidade é um indicador estatístico utilizado para avaliar o grau de estabilidade de uma determinada característica ao longo do tempo ou em diferentes ciclos de medição em um mesmo indivíduo ou genótipo. (Cavalcante *et al.*, 2021). Esse parâmetro expressa a proporção da variação total que pode ser atribuída a diferenças genéticas entre os indivíduos, sendo considerada uma estimativa máxima da herdabilidade. Por isso, é amplamente utilizada em estudos de seleção, já que permite estimar o potencial de repetição de um desempenho fenotípico, contribuindo para decisões mais precisas sobre o número ideal de observações

necessárias. Altos valores de repetibilidade indicam que as características avaliadas apresentam maior confiabilidade e menor influência de fatores ambientais ou de erro experimental, tornando possível uma seleção mais eficiente e econômica nos programas de melhoramento genético. Neste cenário, o presente trabalho tem como objetivo estimar a repetibilidade para caracteres da inflorescência em genótipos de tucumanzeiro e obter o número de medições ideais para esses caracteres.

## 2. OBJETIVOS

**2.1. Geral:** Fornecer embasamento teórico para avaliação de germoplasma do tucumanzeiro (*Astrocaryum vulgare* Mart.), visando atividades de conservação *ex situ* e melhoramento genético;

### 2.2. Específicos:

- i) Estimar a repetibilidade para caracteres da inflorescência em genótipos de tucumanzeiro;
- ii) Obter o número de medições ideais para esses caracteres.

## 3. REFERENCIAL TEÓRICO

### 3.1. Aspectos gerais da espécie

A região amazônica possui inúmeras espécies nativas de plantas frutíferas com potencial econômico, tecnológico e nutricional, que vem despertando o interesse de estudos científicos em diversificadas áreas (Clement *et al.*, 2005; Yuyama *et al.*, 2008). Dentre as plantas frutíferas encontram-se as espécies da família das Arecaceae que são compostas por 1500 espécies e mais de 200 gêneros, sendo um deles o *Astrocaryum* que é constituído por mais de vinte espécies. Uma delas o *Astrocaryum vulgare* Mart. popularmente conhecida na Amazônia brasileira como tucumã-do-Pará, tucun, tucumanzeiro, entre outras, trata-se de uma palmeira com ampla distribuição geográfica, presente na Venezuela, Trinidad, Guiana, Bolívia e na região amazônica do Brasil. A espécie é encontrada tanto em florestas primárias quanto secundárias, sendo mais comum em áreas de capoeira e pastagens manejadas (Bacelar-Lima; Mendonça; Barbosa, 2006).

O tucumanzeiro tem grande ocorrência no lado oriental da região amazônica, é uma espécie arbórea, perene, adaptada a áreas de terra firme de solos ácidos e de baixa fertilidade, com potencialidades para compor sistemas agroflorestais. O nome tucumã tem origem do tupi (tukumã) e significa “fruto de planta espinhosa” (Henderson, 1995; Dranfield *et al.*, 2008), já o

nome genérico *Astrocaryum* tem origem latina e significa “fruto estrela” pelo fato do gênero ter espécies com o mesocarpo e exocarpo deiscentes e com forma de estrela. No Brasil, este gênero é representado por 26 espécies entre árvores e subarbustos, sendo todas nativas (Leitman *et al.*, 2013).

Apresenta porte médio, atingindo de 10 a 15 metros de altura e tem capacidade de emitir 0 a 18 perfilhos com o diâmetro do estipe principal variando de 15 a 20 centímetros (Cavalcante *et al.*, 1991). Possui espinhos em quase todas as partes da planta, com predomínio no estipe, mas há casos que se pode encontrar plantas inermes, ou seja, sem espinhos. Seu caule pode ser múltiplo por conter perfilhos e com isso formar touceiras, mas também, pode ser encontrada na forma monocaule e solitária (Villachica *et al.*, 1996). Suas folhas são compostas apresentando limbo dividido em pequenas porções chamadas de folíolos, pinadas e com inserção quase ereta podendo alcançar de 5 a 7 metros de comprimento, além de possuir espinhos de tamanhos variáveis na raque, na bainha foliar, nos bordos e nas nervuras (Oliveira; Couturier; Beserra, 2003).

Em relação ao sistema reprodutivo, é uma planta monoica, ou seja, possui os órgãos masculinos e femininos na mesma planta e na mesma inflorescência. Apresenta um ramo florífero interfoliar, sendo formado por uma bráctea, denominada de espata, de coloração externa escura e interna clara e com passar do tempo torna-se coloração marrom, sendo coberta por espinhos de vários tamanhos, mas é lisa na parte interna onde se encontra a inflorescência (Kahn, 1997; Oliveira *et al.*, 2003). Sua inflorescência é hermafrodita (apresenta flores masculinos e femininas na mesma inflorescência), do tipo cacho de espigas, possuindo raque entre 20 a 60 centímetros de comprimento e pedúnculo entre 10 a 40 centímetros de comprimento, ambos com espinhos de vários tamanhos (Kahn, 1997; Oliveira *et al.*, 2003). As flores pistiladas são cíclicas e diperiantadas, cálice e corola trímeros, persistentes de cor clara, o gineceu sincárpico, com estigma exposto e o ovário é súpero, unicarpelar, trilocular e quase sempre uniovular (Oliveira *et al.*, 2003). As flores estaminadas são cíclicas, diperiantadas, heteroclamídeas, o cálice é trimero, caduco, actinomorfo (bege) e a corola é trímera, caduca, actinomorfa, simples e de cores bege, violácea e mesclada. Os estames são livres e unidos a corola, as anteras são dítecas e dorsifixas de coloração clara e os filetes apresentam coloração violácea (Oliveira *et al.*, 2003).

O fruto é uma drupa, lisa, indo de ovulada a arredondada medindo de 31 a 54 milímetros de comprimento e 25 a 48 milímetros de diâmetro, apresenta epicarpo e mesocarpo de coloração variável, sabor doce e odor peculiar (Cavalcante *et al.*, 1991). A semente é única, arredondada, com diâmetro entre 6 a 20 milímetros, mas pode ocorrer casos de frutos sem

sementes (partenocarpia) ou com duas sementes, o endocarpo é duro e lignificado com a espessura do mesocarpo entre 2 a 10 milímetros de comprimento e a do endocarpo entre 1 a 6 milímetros de comprimentos.

Os frutos dessa palmeira são muito ricos em carotenoides, importantes pigmentos lipossolúveis responsáveis pelas cores laranja, amarela e vermelha presentes em bactérias, algas, fungos e vegetais. Também possuem outras propriedades, como: pró-vitamínicas A, como  $\beta$ -caroteno,  $\beta$ -criptoxantina,  $\alpha$ -caroteno e  $\beta$ -zeacaroteno, enquanto outros têm destacada ação antioxidante. Com todas essas propriedades, o tucumã é muito bom para a saúde, pois é capaz de reduzir o risco do desenvolvimento de doenças degenerativas como câncer, doenças cardiovasculares e formação de cataratas. (Subczynski *et al.*, 1991; Krinsky *et al.*, 2004; Krinsky; Jonhson, 2005; Campbell *et al.*, 2007; Engelmann *et al.*, 2011). A parte comestível (epicarpo e mesocarpo) é rica em ácidos graxos, fibras e carotenoides (Ferreira *et al.*, 2008). Por isso, os extratos insaponificáveis e os óleos, tanto da polpa quanto das cascas, vêm sendo estudados quanto às suas propriedades antioxidantes, nutricionais e farmacológicas (Santos *et al.*, 2015; Oliveira *et al.*, 2018).

Quanto ao aspecto fenológico o tucumã apresenta folhas em todos os estágios de desenvolvimento, durante todos os meses do ano, os eventos de floração e de frutificação também ocorrem ao longo do ano, com picos em épocas distintas: a floração tem maior intensidade entre os meses de março a julho; já o de frutificação fica entre os meses de dezembro a março, coincidindo com a época mais chuvosa da região amazônica (Oliveira *et al.*, 2003).

As flores femininas são actinomorfas, sem brilho e com o pistilo exposto. É polinizada por besouros, pois suas flores são pequenas e distribuídas em inflorescências, esses besouros muitas vezes acasalam (oviposição) ou vão para completar seu ciclo de vida, mas essas características não limitam essa polinização pois as suas flores são consideradas promícuas (não há seleção de visitantes) e podem atrair outros insetos (Oliveira *et al.*, 2003). A visitação de insetos (principalmente das ordens Coleoptera e Hymenoptera) é muito grande desde a sua exposição até a sua senescência (processo de envelhecimento), há também grande aparecimento de abelhas (gênero *Trigona* e *Apis*). Esses insetos são atraídos pelo odor e se alimentam de pólen e completando seus ciclos reprodutivos (Oliveira *et al.*, 2003), com isso se diz que o tucumã-do-Pará é entomófilo com predomínio de besouros e a espécie é alógama (realiza polinização cruzada).

Essa espécie atua com um papel ecológico muito importante nos ecossistemas florestais, os seus frutos são importantes fonte de alimentos para diversas espécies da fauna, como mamíferos, aves, insetos, entre outros. Também tem uma grande importância na conservação

do solo devido ao seu sistema radicular robusto ajudam na estabilização de áreas degradadas. E por fim, essa espécie deve ser muito importante também para a população local, pois com a presença dessa palmeira também está associada a práticas sustentáveis, uma vez que seus frutos, sementes e fibras são utilizados para alimentação, artesanato e produção de óleo vegetal.

### 3.2. Potencial econômico

O tucumanzeiro tem um grande potencial na área de fármacos, cosméticos, bijuterias, alimentícias, entre outras, mas a espécie não é totalmente conhecida e seu mercado fica voltado basicamente no extrativismo em seus locais de ocorrência. Entretanto, suas potencialidades econômicas estão na produção de frutos para várias utilidades, na extração das folhas e os estipes.

Assim como outras espécies de palmeiras nativas da Amazônia, essa espécie pode ser aproveitada integralmente, porém sua parte econômica está centrada nos frutos, nas folhas e no estipe. Das folhas, é possível obter peças artesanais como redes, bolsas, cordas, tecidos, entre outros; os estipes são usados para extração de palmito, assim como é feito com a pupunha com espinhos; os frutos são aproveitados na alimentação humana e animal e as sementes são utilizadas nas confecções de bijuterias (Villachica *et al.*, 1996).

Os frutos são consumidos *in natura* ou como sorvestes, cremes, bebidas, doces, entre outros (Villachica *et al.*, 1996). A polpa dessa palmeira contém um alto teor de vitaminas, como a A, B e C, proteínas e altos teores óleos (Cymerys *et al.*, 2005; Villachica *et al.*, 1996). Há relatos de que o consumo de um fruto com aproximadamente 30g de polpa seja o suficiente para suprir a necessidade diária de vitamina A, em crianças e adultos (Lima *et al.*, 1986). O mesocarpo e a amêndoa são usados para a extração de um óleo superior ao obtido nos frutos do coqueiro e da palma-de-óleo (Pesce, 2009), também podem ser aproveitados nas indústrias de cosméticos e de fármacos (Cavalcante, 1991; Cymerys, 2005). Outro produto é a amêndoa que pode ser consumida como um fruto seco ou em gordura, quando extraída corretamente. A amêndoa também gera um chamado “vinho de tucumã”, onde é extraída da seiva adocicada de frutos verdes em desenvolvimento (Ferrão, 1999). Através do mesocarpo e da amêndoa do tucumã são obtidos óleos, com propriedades diferentes.

A produção anual de *Astrocaryum vulgare*, tem demonstrado uma tendência de declínio nas últimas décadas. Segundo dados da Pesquisa da Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura (PEVS) do IBGE, a produção nacional de tucumã caiu de 517 toneladas em 2010 para 374 toneladas em 2019, representando uma redução de aproximadamente 27%. Essa diminuição reflete uma média anual de cerca de 23,6 toneladas, com uma taxa de declínio de

4,1% ao ano. O tucumã é uma palmeira nativa da região amazônica, especialmente abundante no estado do Pará, e cada palmeira pode produzir em média 50 kg de frutos por ano, sendo que 34% desse peso corresponde à polpa, que contém entre 14% e 16% de óleo

Os frutos do tucumã são ricos em carotenóides, importantes pigmentos lipossolúveis responsáveis pelas cores laranja, amarela e vermelha presentes em bactérias, algas, fungos e vegetais. Também apresentam outras propriedades, como: pró-vitamínicas A, como  $\beta$ -caroteno,  $\beta$ -criptoxantina,  $\alpha$ -caroteno e  $\beta$ -zeacaroteno, enquanto outros têm destacada ação antioxidante (Rodriguez-Amaya *et al.*, 2011). Com todas essas propriedades, pode-se dizer que o tucumã é muito bom para a saúde, pois é capaz de reduzir o risco do desenvolvimento de doenças degenerativas como câncer, doenças cardiovasculares e formação de cataratas. (Subczynski *et al.*, 1991; Krinsky *et al.*, 2004; Krinsky; Jonhson, 2005; Campbell *et al.*, 2007; Engelmann *et al.*, 2011).

Nos últimos anos, o tucumã foi indicado como fonte para potencial para fornecer matéria-prima para o mercado de biodiesel (Biodiesel, 2008). Este sentido, se deve ao fato de apresentar altos valores de lipídeos totais na polpa e na amêndoa, variando de 40% a 50%, com a extração do óleo por prensagem mecânica (Figliuolo *et al.*, 2004, 2007).

Já na parte foliar, se obtém boas fibras de qualidades, para isso, é necessário retirar, preferencialmente, as fibras das folhas guias ou flechas, e de plantas mais novas. Cada planta emite uma folha nova por mês e o rendimento é de duas peças pequenas. Porém, esse tipo de extração pode levar a morte da planta.

O mercado atual do tucumã está voltado mais para os frutos, tanto para consumo *in natura*, como para polpa processada, mas ainda é local. Muitos frutos, que abastecem a região paraense vem de materiais genéticos silvestres ou de áreas alteradas. O litro de frutos do tucumã aproximadamente com 17 frutos tem preços variáveis, a polpa é vendida em quilo e também tem preços variáveis, entretanto, os preços dos produtos variam de acordo com a qualidade dos frutos (Cymerys, 2005).

As sementes são usadas na fabricação de artesanatos e atinge os melhores preços, onde 40 unidades da mesma custa em torno de R\$60. Atualmente, o interesse em biojóias (brincos, anéis, pulseiras, colares) está aumentando. Já para a comercialização de artesanatos feitos com as fibras das folhas, como bolsas, redes, cestos, também apresentam bons preços, sendo as bolsas vendidas em torno de R\$ 200 ou mais.

Mesmo sendo uma oleaginosa reconhecida há bastante tempo, esse mercado vem se mostrando promissor, uma vez que essa palmeira foi indicada por um grupo de estudiosos, como uma das espécies nativas da Amazônia com forte potencial para o fornecimento de

matéria-prima ao mercado de biodiesel (BOZBAS, 2008). Entretanto, para que ela ganhe mais reconhecimento e seja mais competitiva, necessita de estudos voltados para diversas áreas, como a de recursos genéticos, que foca em várias atividades e tendo como finalidades gerar conhecimentos sobre o germoplasma disponíveis em Bancos Ativos (BAG's) para oferecer matérias para programas de melhoramento genético para gerar genótipos desejáveis para as mais diferentes finalidades. Dentre elas tem-se o estudo da variabilidade genética e a repetibilidade.

### 3.3. Repetibilidade de palmeiras

A repetibilidade é uma área da genética quantitativa que busca medir a correlação média entre as medidas sucessivas de um mesmo indivíduo ao longo do tempo ou espaço. A repetibilidade ( $r$ ) é uma estimativa que varia de 0 a 1, sendo  $r = 1$  a máxima, indicando que esse carácter possui alta capacidade de se expressar (Farias Neto *et al.*, 2003), que expressa a proporção da variância total, sendo explicada pelas variações proporcionadas pelo genótipo e pelas permanentes atribuídas ao ambiente comum (Cruz & Regazzi, 1994). De acordo com Falconer (1981), representa o limite superior do coeficiente de herdabilidade.

Altos valores de repetibilidade para quaisquer características indicam que é possível prever com maior precisão o desempenho futuro dos indivíduos com base em medições anteriores. De acordo com Cruz, Regazzi e Carneiro (2012), “altos coeficientes de repetibilidade permitem reduzir o número de avaliações necessárias para a seleção eficiente de genótipos superiores”. O estudo da repetibilidade pode ser definido como a correlação entre sucessivas medidas, obtidas de um mesmo indivíduo, e avaliações tomadas ao longo do tempo ou do espaço (Falconer & Mackay, 1996).

Estudos recentes têm aplicado a análise de repetibilidade em diversas culturas para otimizar os processos de seleção. Em pesquisa com híbridos de *Panicum maximum* Jacq. foi verificado que os coeficientes de repetibilidade foram utilizados para determinar o número mínimo de medições necessárias para a seleção eficiente de características como produção de matéria seca e porcentagem de folhas (Souza *et al.*, 2021). Por meio deste estudo pode-se estimar o número de medições necessárias para prever o valor real de um genótipo.

O coeficiente de repetibilidade pode ser estimado por meio das seguintes metodologias: análise de variância (ANOVA); componentes principais, com base na matriz de correlações (CPC) e covariâncias (CPCV); e análise estrutural (AE) com base na matriz de correlações (Abeywardena, 1972; Cruz; Regazzi, 2001; Mansour, 1981; Cruz, 2012). Para Abeywardena (1972, apud Cruz *et al.*, 2004), o coeficiente de repetibilidade é melhor estimado pelo método

de componentes principais, quando os genótipos expressam comportamento cíclico em relação ao caráter estudado. Estimativas de repetibilidade, com base nesses métodos, vêm sendo obtidas para diferentes caracteres de diversas plantas perenes (Costa *et al.*, 1997; Farias Neto *et al.*, 2004) incluindo palmeiras (Siqueira, 1982; Oliveira; Fernandes, 2001; Farias Neto, 2002).

Segundo Cargnelutti Filho *et al.* (2004) métodos para a obtenção de estimativas de coeficiente de repetibilidade, como o da análise de variância, dos componentes principais e o da análise estrutural têm sido usados em culturas perenes, como o capim elefante. Cruz e Regazzi (2001) obtiveram estimativas do coeficiente de repetibilidade utilizando métodos da análise de variância. Conforme Rutledge (1974), análise de variância dos componentes principais é o método mais adequado para estimar coeficiente de repetibilidade quando, ao longo das avaliações, os genótipos apresentam comportamento cíclico, em relação ao caráter estudado. Altos valores são muito importantes para a repetibilidade, pois indicam que é viável prever o valor real do indivíduo utilizando-se um número relativamente pequeno de medições (Cruz e Regazzi, 1997), sendo que ocorre o inverso quando a repetibilidade é baixa.

A repetibilidade é uma ferramenta fundamental para programas de melhoramento genético pois permite avaliar se determinada característica é estável o suficiente para ser utilizada como critério de seleção. Características com alta repetibilidade indicam que uma única medição seja desejável para representar com precisão o desempenho do indivíduo, otimizando recursos e tempo no processo de seleção (Falconer & Mackay, 1996). Com isso, a repetibilidade também é essencial para o melhoramento, pois permite quantificar a proporção da variação fenotípica que é devida a fatores permanentes do indivíduo, como seu genótipo e os efeitos ambientais permanentes, onde é crucial para identificar quais indivíduos apresentarão o potencial genético para uma determinada característica diminuindo a influência de fatores temporários e imprevisíveis (Cruz, 2012).

Um aspecto relevante a ser considerado é que, ao entender a repetibilidade, pode-se determinar a quantidade ideal de medições necessárias para melhorar a precisão da seleção. Características que apresentam baixa repetibilidade requerem um número maior de avaliações por indivíduo para alcançar uma média confiável (Resende, 2002). Assim, a repetibilidade atua como um recurso valioso para o planejamento experimental e a gestão do germoplasma conservado nos BAG's e os recursos em programas de melhoramento, favorecendo a eficácia do processo de seleção. A repetibilidade serve como uma avaliação prévia que, apesar de não ser equivalente à herdabilidade, pode oferecer pistas sobre o potencial de resposta à seleção. Em projetos que ainda não contam com dados genéticos bem estabelecidos, calcular a repetibilidade representa uma etapa inicial importante para guiar decisões estratégicas,

reconhecer características favoráveis e estabelecer um programa de melhoramento mais sólido e baseado em informações confiáveis (Ramalho *et al.*, 2012).

Para se processar um estudo de repetibilidade, é necessário definir as características a serem trabalhadas. No caso das palmeiras, as características que podem ser trabalhadas são grandes, como: avaliação de caracteres da planta, de cachos, de inflorescências, de frutos, entre outras.

Grande parte de frutíferas perenes ocupa extensas áreas para experimentos e são instaladas sem delineamento experimental, isso dificulta a determinação de parâmetros genéticos (Oliveira; Fernandes. 2001). Com isso, um dos maiores gargalos dos experimentos são as coletas de amostras da parte da planta a ser estudada, especialmente de plantas perenes para representar uma população em programas de melhoramento genético, como é o caso da espécie em foco, uma palmeira ainda não domesticada. Neste sentido, a coleta de material não é suficiente e acaba dificultando muito na obtenção de parâmetros genéticos, como a herdabilidade, por falta de delineamentos estatísticos adequados. Porém, é possível se estimar a repetibilidade (Oliveira, Fernandes; 2001; Silva et al., 2015).

O coeficiente de repetibilidade vem sendo amplamente utilizado, há décadas, em estudos com espécies da família Arecaceae, como em trabalhos relacionados à produção de frutos de coqueiro comum (*Cocos nucifera*) (Siqueira, 1982), caracteres de cachos de açazeiro (*Euterpe oleracea*) (Oliveira; Fernandes, 2001), na avaliação do palmito de pupunheira (*Bactris gasipaes*) (Farias Neto *et al.*, 2002), na produção de frutos e de albúmen sólido em *Cocos nucifera* (Farias Neto *et al.*, 2003), na produção de cachos de híbridos interespecíficos entre caiaué e dendezeiro (Chia *et al.*, 2009), e em caracteres de cacho de bacabi (*Oenocarpus mapora*) (Oliveira; Fernandes, 2010). Estudos também têm sido conduzidos com o tucumanzeiro (*Astrocaryum vulgare*) visando à produção de óleo da polpa.

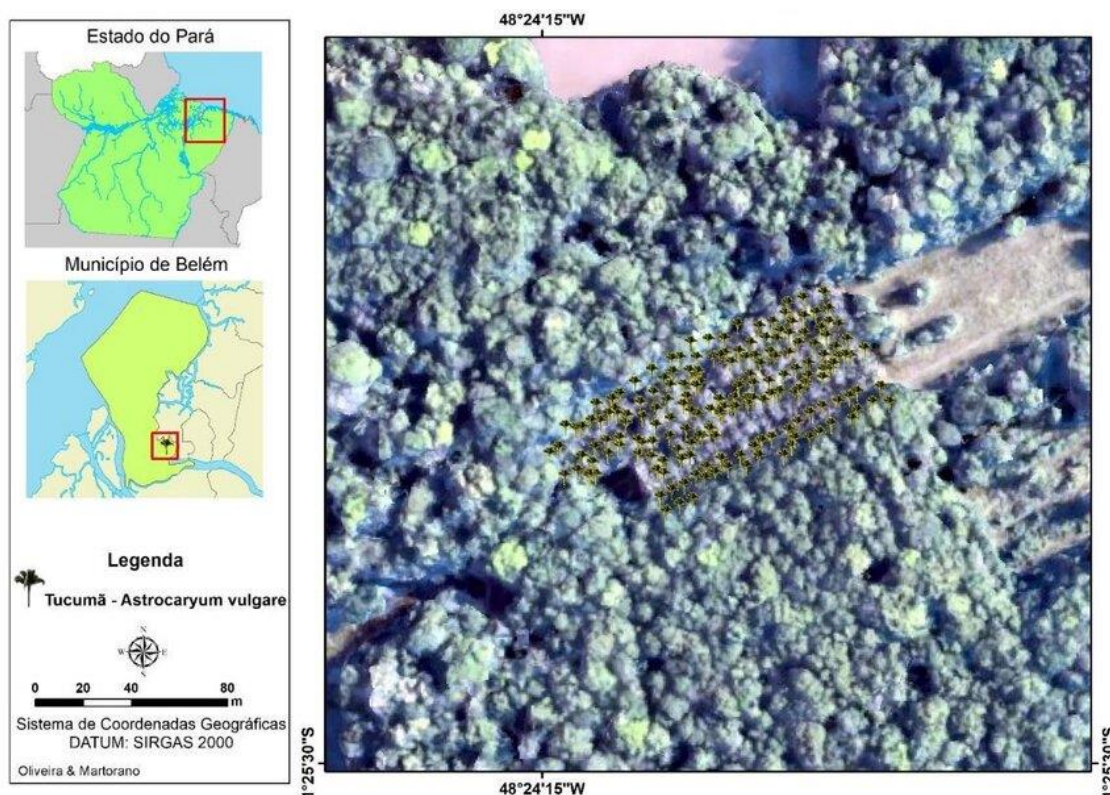
Pesquisa recentes mostram informações importantes no contexto sobre germoplasma de tucumanzeiro. De acordo com Prado *et al.* (2024) onde analisou a repetibilidade de características morfológicas das inflorescências com o objetivo de identificar quais atributos se mantêm mais estáveis ao longo do tempo. A pesquisa destacou que características como número de ramos primários, comprimento da ráquila e número de flores por inflorescência apresentaram altos coeficientes de repetibilidade, indicando maior influência genética e menor variação ambiental. Esses resultados são especialmente úteis para programas de melhoramento genético e conservação, já que permitem uma seleção mais eficiente mesmo em espécies perenes de crescimento lento.

#### 4. MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi desenvolvido em 45 genótipos de tucumanzeiro representantes de 22 acessos conservados na área I do BAG Tucumã, instalada no Campo Experimental de Belém, na Embrapa Amazônia Oriental ( $1^{\circ}25'25''\text{S}$  e  $48^{\circ}24'14''\text{W}$ ) (figura 1). Os genótipos foram instalados em novembro de 1985, no uma área de terra firme de solo do tipo Latossolo Amarelo textura média, no espaçamento de 3,5 m x 5 m e se encontram em plena fase reprodutiva. Esses genótipos recebem tratos culturais esporádicos envolvendo, roçagem da área, coroamento e limpeza das plantas, além de adubações químicas e orgânicas.

As atividades desenvolvidas envolveram etapas coletas das ráquillas, avaliação e caracterização de caracteres relativos a inflorescência.

**Figura 1-** Área do Banco Ativo de Germoplasma (BAG) tucumã localizado na região metropolitana de Belém.



Fonte: Researchgate.net (2024)

##### 4.1. Coleta das ráquillas da inflorescência

As coletas das ráquillas foram feitas no período de maior floração. De cada genótipo foi marcada uma inflorescência para ser retirada uma amostra de dez ráquillas ao acaso, de uma inflorescência recém-aberta. Após a coleta, as ráquillas foram colocadas em sacos de papel, identificadas e enviadas ao laboratório de fitomelhoramento dessa instituição.

**Figura 2-** Coleta de inflorescência dos genótipos na área I do BAG tucumã.



**A:** Identificação da inflorescência aberta; **B:** Coleta das inflorescências; **C:** Armazenamento em sacos com identificação para transporte para o laboratório.

Fonte: Autor (2025)

#### 4.2. Avaliação e caracterização dos caracteres

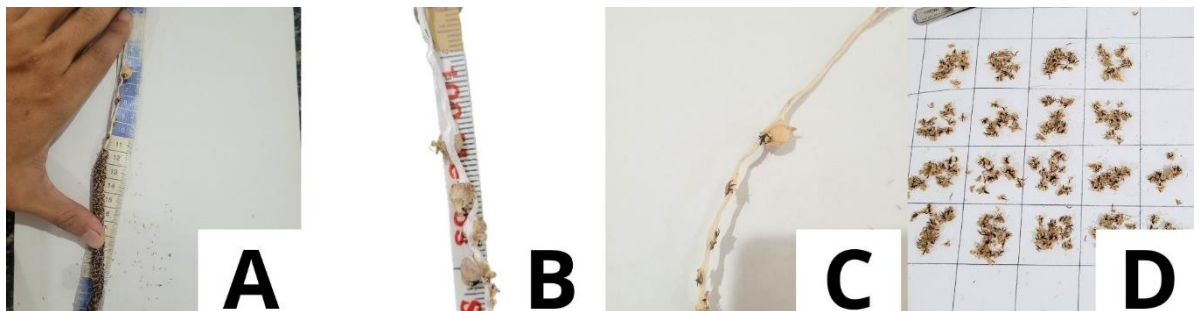
As amostras das dez ráquias foram avaliadas para quatro caracteres quantitativos (Figura 3), sendo eles: comprimento da ráquila (CR), distancia da primeira flor feminina (DPFF), número de flores femininas (NFF), número de flores masculinas (NFM). As amostras também foram caracterizadas para quatro caracteres qualitativos (Figura 3): cor da flor feminina (CorFF), cor da pétala (CorP), cor do filete (CorF) e cor da antera (CorA). As mensurações foram obtidas com fita métrica e expressas em centímetros, já o número de flores pela contagem. Como foram encontradas muitas flores masculinas, a contagem para essas flores foi feita retirando as flores com o auxílio de uma pinça e separando as flores de dez em dez, para facilitar a contagem. Já as cores foram obtidas com o auxílio da carta de Munsell (Munsell Soil Color Charts, 1975).

#### 4.3. Análise dos dados

Os dados foram organizados e processados no software GENES e foram submetidos à análise de repetibilidade ( $r$ ), com base em três métodos estatísticos: análise de variância - ANOVA, também foram empregadas as análises de componentes principais (CP), derivadas das matrizes de correlação (CP-cor) e de covariâncias fenotípicas (CP-var), bem como a análise estrutural (AE), baseada no autovalor teórico da matriz de

correlações (AE-cor), segundo a metodologia descrita por Cruz e Regazzi (2001). Para os métodos CP-var e CP-cor, utilizaram-se as médias ao longo do tempo como variáveis distintas.

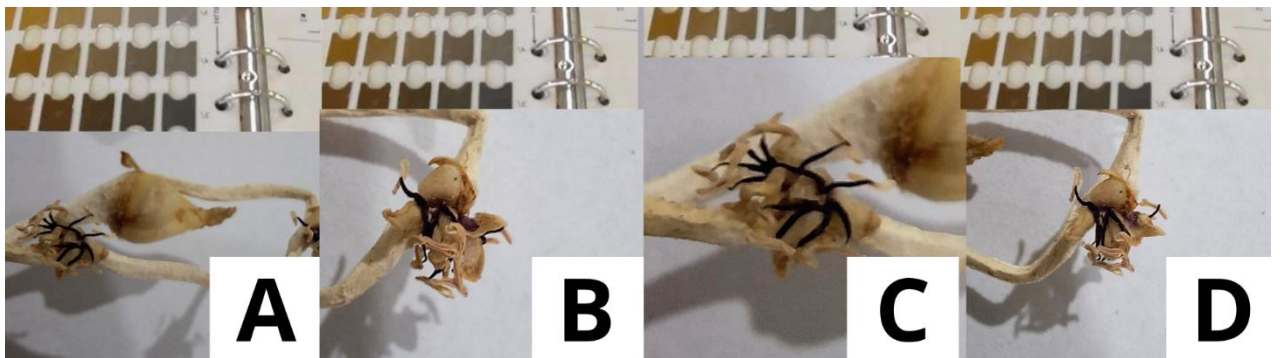
**Figura 3-** Avaliação de quatro caracteres da inflorescência nos 45 genótipos de tucumazeiro conservados no Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Amazônia Oriental.



**A:** Comprimento da ráquila (CR); **B:** Disposição da primeira flor feminina (DPFF); **C:** Número de flores femininas (NFF); **D:** Número de flores masculinas (NFM).

Fonte: Autor (2025)

**Figura 4-** Caracterização de quatro caracteres de inflorescência nos 45 genótipos de tucumazeiro conservados no Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Amazônia Oriental.



**A:** Cor da flor feminina (CorFF); **B:** Cor da pétala (CorP); **C:** Cor do filete (Cor F); **D:** Cor da antera (CorA).

Fonte: Autor (2025)

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os coeficientes de repetibilidade obtidos para as quatro características qualitativas caracterizadas (CorFF, CorP, CorF e CorA) apresentaram altos valores (Tabela 1), variando de 0,954 (CorA, método ANOVA) a 0,982 (CorP, todos os métodos). Esses valores apontam para o fato de que a variabilidade observada entre as medições seja provavelmente devida a fatores genéticos, atuando fundamentalmente como um reforço da estabilidade fenotípica para essas quatro características. Tal estabilidade é uma propriedade desejável no contexto de programas de melhoramento porque assegura que características particulares possam ser usadas durante o processo de seleção com alta confiabilidade (Resende, 2002).

O caráter CorP expressou os coeficientes mais altos de repetibilidade e de determinação ( $R^2 = 99,82\%$ ), destacando-se como um marcador robusto para a diferenciação de genótipos. Estudos anteriores realizados por Souza *et al.* (2020) no açazeiro (*Euterpe oleracea*) relataram resultados semelhantes, nos quais caracteres florais relacionados à coloração mostraram alta repetibilidade, sendo pouco suscetíveis a variações ambientais. Dessa forma pode-se sugerir essa característica como um descritor confiável para uso na caracterização de germoplasma e em programas de registro de cultivares do tucumazeiro, especialmente em contextos que exigem precisão na distinção morfológica.

**Tabela 1.** Estimativas dos coeficientes de repetibilidade (sem parênteses) e determinação (entre parênteses) para quatro caracteres qualitativos da inflorescência avaliados em genótipos de tucumazeiro do BAG da Embrapa Amazônia Oriental.

Caracteres	ANOVA	Componentes Principais		Análise Estrutural	
		Covariância	Correlação	Covariância	Correlação
CorFF	0,965	0,966	0,965	0,965	0,965
	(99,63)	(99,65)	(99,64)	(99,64)	(99,64)
CorP	0,982	0,982	0,982	0,982	0,982
	(99,82)	(99,82)	(99,82)	(99,82)	(99,82)
CorF	0,976	0,977	0,976	0,976	0,976
	(99,76)	(99,77)	(99,76)	(99,75)	(99,76)
CorA	0,954	0,961	0,960	0,955	0,956
	(99,52)	(99,59)	(99,57)	(99,53)	(99,54)

CorFF: cor flor feminina; CorP: pétala; CorF: cor filete; CorA: cor antera.

O número de medições ideais para a obtenção dessas quatro características consta na Tabela 2. Pode-se verificar que para todas as quatro características uma única ráquila seria o suficiente para estabelecer até 95% de acurácia. Como foram utilizadas dez ráquulas no estudo, reforça a segurança dos resultados obtidos e permite orientar a redução amostral em futuros trabalhos envolvendo esses mesmos caracteres em tucumanzeiros. Esse fato não apenas economiza tempo, como mão-de-obra e recursos, mas também torna o trabalho mais viável em maior escala. Costa *et al.* (2021) em estudos com dendezeiro (*Elaeis guineensis*) afirmaram que caracteres qualitativos de altíssima repetibilidade podem ser considerados como indicadores importantes, permitindo maior rapidez na avaliação fenotípica.

Ressalta-se que, a elevada repetibilidade observada nos caracteres qualitativos pode sugerir que a população de tucumanzeiro avaliada possui relativa homogeneidade genética, o que pode ser benéfico para a seleção em programas de melhoramento, mas também pode limitar a exploração de variabilidade genética em longo prazo (Falconer; Mackay, 1996). Esse fator deve ser considerado ao extrapolar os resultados para diferentes populações ou condições ambientais.

**Tabela 2.** Estimativas para o número de medições ideais para quatro caracteres qualitativos da inflorescência avaliados em genótipos de tucumanzeiro do BAG da Embrapa Amazônia Oriental.

Caracteres	ANOVA			CP			AE		
	0,8	0,9	0,95	0,8	0,9	0,95	0,8	0,9	0,95
CorFF	0,1	0,3	0,7	0,1	0,3	0,7	0,1	0,3	0,7
CorP	0,1	0,1	0,5	0,1	0,2	0,4	0,1	0,2	0,5
CorF	0,1	0,3	0,5	0,1	0,3	0,5	0,1	0,3	0,5
CorA	0,2	0,4	0,9	0,1	0,4	0,8	0,2	0,4	0,9

CorFF: cor flor feminina; CorP: pistilo; CorF: cor filete; CorA: cor antera.

No que diz respeito aos caracteres quantitativos avaliados percebe-se que apresentaram maior amplitude de variação nas magnitudes dos coeficientes de repetibilidade (Tabela 3), indo de 0,431 (DPFF, pela Análise Estrutural) a 0,766 (NFM, pela ACP - covariância). Essa variação reflete as diferenças inerentes aos caracteres quantitativos, que geralmente possuem maior

influência ambiental e dependem de um número mais elevado de medições para alcançar altos níveis de precisão.

Dentre os caracteres avaliados, o número de flores masculinas (NFM) foi o que mais se destacou, com maior repetibilidade em todos os métodos ( $r \geq 0,760$ ) e taxa de decisão ( $R^2 = 97,04\%$ ). Porém este caráter é de difícil mensuração, uma vez que há um grande número de flores masculinas por ráquila.

Outro caráter que apresentou considerável magnitude para os coeficientes de repetibilidade foi o comprimento da ráquila (CR) com valores indo de  $r = 0,653$  a  $r = 0,659$  e coeficiente de determinação de  $R^2 = 95,07\%$ . Vale ressaltar que esse caráter apresenta facilidades e segurança na sua obtenção. Esses resultados indicam que seja adequado seu uso em programas de melhoramento genético do tucumanzeiro. Estudos semelhantes realizados por Ferreira *et al.* (2020) em coqueiros (*Cocos nucifera*) demonstraram que características relacionadas ao número e comprimento das estruturas florais são menos afetadas pelo ambiente, tornando-as valiosas para processos seletivos.

**Tabela 3.** Estimativas dos coeficientes de repetibilidade (sem parênteses) e determinação (entre parênteses) para quatro caracteres quantitativos da inflorescência avaliados em genótipos de tucumanzeiro do BAG da Embrapa Amazônia Oriental.

Caracteres	ANOVA	Componentes Principais		Análise Estrutural	
		Covariância	Correlação	Covariância	Correlação
CR (cm)	0,644	0,659	0,653	0,651	0,650
	(94,77)	(95,07)	(94,95)	(94,91)	(94,88)
DPFF (cm)	0,432	0,447	0,434	0,431	0,431
	(88,37)	(88,98)	(88,45)	(88,34)	(88,35)
NFF (n°)	0,575	0,595	0,581	0,576	0,579
	(93,11)	(93,62)	(93,28)	(93,15)	(93,21)
NFM (n°)	0,760	0,766	0,764	0,763	0,760
	(96,93)	(97,04)	(97,01)	(96,98)	(96,94)

CR: comprimento da ráquila; DPFF: distancia da primeira flor feminina; NFF: número de flores femininas; NFM: número de flores masculina.

Por outro lado, os caracteres distância da primeira flor feminina (DPFF) e número de flores femininas (NFF) exibiram coeficientes de repetibilidade de menores magnitudes, especialmente o DPFF ( $r = 0,431$ ), indicando que esses caracteres sofrem maior influência

ambiental e requerem medições adicionais para aumentar a precisão. Resultados concordantes foram obtidos por Silva *et al.* (2018) em bananeiras (*Musa spp.*), esses autores destacaram que caracteres com baixas magnitudes de repetibilidade demandam estratégias experimentais mais robustas para compensar os efeitos ambientais.

Em relação ao número ideal de medições para esses caracteres, pode-se constatar na Tabela 4 que foram variáveis. Por exemplo, os caracteres CR e NFM podem atingir até 95% de precisão com aproximadamente 10 medições. No entanto para os caracteres, DPFF e NFF, a amostragem para a mesma acurácia seria de até 25 medições. Essa diferença é relevante porque significa que a coleta de dados precisos sobre essas propriedades exige maior esforço e custo. Segundo Cruz *et al.* (2012), a alta reprodutibilidade é um fator chave para maximizar os ganhos genéticos, especialmente em programas de melhoramento onde o custo-benefício é um fator importante para o sucesso.

Os resultados deste estudo são condizentes com os de outras espécies de palmeiras amazônicas, como o babaçu (*Attalea speciosa*) e o açazeiro (*Euterpe oleracea*), cujas características florais também apresentaram alto grau de reprodutibilidade e certeza (GOMES *et al.*, 2021; SOUZA *et al.*, 2020). Vale ressaltar que as características morfológicas das inflorescências têm se mostrado particularmente úteis para distinguir genótipos em espécies perenes devido à sua estabilidade sob diferentes condições.

**Tabela 4.** Estimativas para o número de medições ideais para quatro caracteres quantitativos da inflorescência avaliados em genótipos de tucumanzeiro do BAG da Embrapa Amazônia Oriental.

Caracte res	ANOVA			CP			AE		
	0,8	0,9	0,95	0,8	0,9	0,95	0,8	0,9	0,95
CR	2,0	5,0	10,5	2,1	4,7	9,8	2,1	4,8	10,2
DPFF	3,0	11,8	25,0	5,0	11,1	23,5	5,3	11,9	25,1
NFF	2,0	6,7	4,1	2,7	6,1	12,9	2,9	6,6	14,0
NFM	1,3	2,8	6,0	1,2	2,7	5,8	1,2	2,8	5,9

CR: comprimento da ráquila; DPFF: distancia da primeira flor feminina; NFF: número de flores femininas; NFM: número de flores masculinas.

As magnitudes dos coeficientes de repetibilidade obtidas para os caracteres qualitativos nos genótipos de tucumanzeiro foram superiores as relatadas para populações híbridas de

coqueiro (*Cocos nucifera*) por Lima et al. (2019). Isto destaca o potencial do tucumanzeiro como modelo para estudos de características genéticas e programas de seleção que exigem precisão fenotípica.

Em relação aos caracteres quantitativos, os resultados também reforçam tendências observadas em estudos com outras culturas tropicais, como a bananeira e o dendezeiro. Ferreira *et al.* (2020) observaram que características relacionadas ao número de flores e comprimento das estruturas são mais estáveis, enquanto caracteres de distribuição espacial (como DPFF) tendem a ser mais influenciados por variações ambientais.

### **5.1. Implicações para Melhoramento Genético**

Os resultados deste estudo têm implicações práticas importantes para o melhoramento genético do tucumanzeiro. Características com alta repetibilidade e certeza, como CorP, NFM e CR, são ideais para seleção em estágio inicial, pois proporcionam alta confiabilidade e reduzem o número de medições. Essas características podem ser utilizadas em programas de melhoramento e, especialmente, nas estratégias de conservação genética, auxiliando na indicação de descritores para a caracterização de acessos em bancos de germoplasma.

Além disso, a identificação de características com alta estabilidade fenotípica pode facilitar a seleção indireta em programas de melhoramento, reduzindo custos e melhorando a eficiência operacional. Resende (2002) enfatizou que a integração de características qualitativas e quantitativas altamente reprodutíveis pode maximizar o ganho genético em espécies perenes, especialmente aquelas com ciclos reprodutivos longos, como é o caso do tucumanzeiro.

Por fim, os resultados deste estudo oferecem uma base para a padronização de descritores morfológicos do tucumanzeiro, contribuindo para o avanço do conhecimento sobre essa espécie nativa da Amazônia e ampliando suas perspectivas de uso em sistemas agroflorestais e industriais.

## **6. CONCLUSÃO**

Os resultados revelam uma alta repetibilidade nas características qualitativas, especialmente na cor da pétala (CorP). Já entre as características quantitativas, o número de flores masculinas (NFM) e o comprimento da ráquila (CR) mostram maior estabilidade. Esses

resultados fornecem um suporte técnico importante para a escolha de descritores eficientes, otimizando a conservação e o melhoramento genético da espécie. O estudo também destaca o tucumã como um recurso estratégico para a agricultura e a agroindústria, evidenciando sua relevância ecológica e socioeconômica na Amazônia.

Por outro lado, caracteres como a distância da primeira flor feminina e o número de flores femininas exigem um número maior de amostras para garantir confiabilidade, refletindo maior sensibilidade a variações ambientais.

## 7. REFERÊNCIAS

ANDRADE, L. M. et al. **Potencial agroindustrial de frutas nativas da Amazônia: Tucumã (Astrocaryum vulgares)**. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 38, n. 4, p. 1-10, 2016.

HAILU, F. The role of agrobiodiversity and diverse causes of its losses and methods of conservation: A review. *Food and Humanity*, v. 4, p. 100500, maio 2025. DOI:10.1016/j.foohum.2025.100500

PRADO, R. B.; OVERBECK, G. E.; GRACO-ROZA, C.; MOREIRA, R. A.; MONTEIRO, M. M.; DUARTE, G. T. (org.). Relatório temático sobre agricultura, biodiversidade e serviços ecossistêmicos. Campinas: Edições dos Autores, 2024. 195 p. DOI:10.4322/978-65-01-21502-0

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa da Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura (PEVS)**. Disponível em: <https://anpad.com.br/uploads/articles/114/approved/a368b0de8b91cfb3f91892fbf1ebd4b2.pdf>.

WIKIPEDIA. **Astrocaryum vulgare**. Disponível em: [https://en.wikipedia.org/wiki/Astrocaryum\\_vulgare](https://en.wikipedia.org/wiki/Astrocaryum_vulgare). Acesso em: 2 set. 2025.

COSTA, T. S. et al. **Caracterização de frutos de tucumã do Amazonas e do Pará**. *Scientia Agropecuaria*, v. 12, n. 2, p. 225–231, 2021.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 4. ed. Viçosa: UFV, 2012.

CAVALCANTE, M. et al. **Considerações sobre planejamento experimental e coeficiente de repetibilidade como estimador da estabilidade e previsibilidade de características**. *Diversitas Journal*, Rio de Janeiro, 2021.

CAVALCANTE, P. B. **Frutas comestíveis da Amazônia**. 5. ed. Belém: CEJUP, CNPq, Museu Paraense Emílio Goeldi, 1991. 279 p. (Coleção Adolfo Ducke).

CLEMENT, C. R.; CORNELIUS, J. P.; PINEDO-PANDURO, M. H.; YUYAMA, K. **Native fruit tree improvement in Amazonia**. In: AKINNIFESI, F. K. et al. (Eds.). *Indigenous fruit trees in the tropics: domestication, utilization and commercialization*. Wallingford, UK: CABI Publishing, 2008. p. 110-119.

BACELAR-LIMA, Christinny Giselly; MENDONÇA, Maria Sílvia de; BARBOSA, Tereza Cristina T. S. **Morfologia floral de uma população de tucumã**, *Astrocaryum aculeatum* Meyer (Arecaceae) na Amazônia central. *Acta Amazonica*, v. 36, n. 4, p. 407–412, 2006. Disponível em: <https://repositorio.inpa.gov.br/handle/1/13384>

ASTROCARYUM. In: *Wikipedia*. **Gênero de palma monoica com inflorescências interfoliare.**

WIKIPEDIA (deutsch). *Astrocaryum vulgare* — **inflorescência com espata externa/interna; parte interna lisa.**

OLIVEIRA, M. do S. P. de; COUTURIER, G.; BESERRA, P. **Biologia da polinização da palmeira tucumã (*Astrocaryum vulgare* Mart.) em Belém, Pará, Brasil.** *Acta Botanica Brasilica*, Recife, v. 17, n. 3, p. 343–353, 2003.

*Cavalcante, P. B. Frutas comestíveis da Amazônia.* 5. ed. Belém: CEJUP, CNPq, Museu Paraense Emílio Goeldi, 1991. 279 p. (Coleção Adolfo Ducke).

EMBRAPA. **Diretrizes para a conservação e uso de recursos genéticos vegetais.** Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2013.

FAO – Food and Agriculture Organization. **The Second Report on the State of the World's Plant Genetic Resources for Food and Agriculture.** Rome: FAO, 2010.

HENDERSON, A. et al. **Field Guide to the Palms of the Americas.** Princeton University Press, 1995.

SUBCZYNSKI, W. K.; HYDE, J. S.; KUSUMI, A. **Effect of polar carotenoids on the oxygen diffusion-concentration product in lipid bilayers. An EPR spin label study.** *Biochimica et Biophysica Acta*, v. 1068, n. 1, p. 68–72, 1991. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/1654104/>

RODRIGUEZ-AMAYA, Delia B.; KIMURA, Mariko. **Composição de carotenóides em alimentos.** Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2008. Disponível em: <https://repositorio.inpa.gov.br/bitstreams/af7b8727-0bed-4ccd-b7a6-f51f8633b88a/download>.

SUBCZYNSKI, W. K.; et al. **Antioxidant properties of carotenoids.** *Free Radical Biology and Medicine*, v. 11, n. 1, p. 1-9, 1991.

KRINSKY, N. I.; JOHNSON, E. J. **Carotenoid actions and their relation to health and disease.** *Molecular Aspects of Medicine*, v. 26, n. 6, p. 459-516, 2005.

CAMPBELL, J. W.; et al. **Carotenoids and human health.** *Journal of the American College of Nutrition*, v. 26, n. 6, p. 620S-630S, 2007.

ENGELMANN, N. J.; et al. **Carotenoid intake and risk of age-related macular degeneration.** *Archives of Ophthalmology*, v. 129, n. 5, p. 617-624, 2011.

KRINSKY, N. I.; MAYNE, S.; SIES, H. (Ed.). *Carotenoids in health and disease*. Boca Raton: CRC Press, 2004. 576 p. ISBN 978-0367393892.

KRINSKY, N. I.; JOHNSON, E. J. *Carotenoid actions and their relation to health and disease*. *Nutrition Reviews*, v. 63, n. 6, p. S15–S26, 2005. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16309738/>

CAMPBELL, J. L.; HARRIS, W. S.; WILSON, T. A.; KELLEHER, S. L.; HAMILTON, R. L.; HAMILTON, S. A. *Beneficial or detrimental effects of carotenoids contained in foods on human health*. *Journal of Nutritional Biochemistry*, v. 18, n. 8, p. 491–498, 2007. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18045215/>

ZANINETTI, R. A. et al. Caracterização físico-química da amêndoa do tucumã (*Astrocaryum vulgare* Mart.) para produção de biodiesel. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 13, n. 1, p. 26-31, 2009. Disponível em: <https://www.fcav.unesp.br/Home/download/pgtrabs/cs/m/3805.pdf> . Acesso em: 2 set. 2025.

CAVALCANTE, L. A. et al. **Aproveitamento do óleo das amêndoas de tucumã do Amazonas na produção de biodiesel**. *Acta Amazonica*, v. 39, n. 2, p. 365-370, 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/aa/a/8zwx4wqQXgnHN6SWLJTDbbH/?lang=pt> .

MARTINS, T. B. et al. **Comercialização, preferências de consumo e diversidade de usos do tucumã (*Astrocaryum aculeatum*) no estado do Pará**. *Research, Society and Development*, v. 11, n. 7, e1311729512, 2022. Disponível em: <https://rsdjournal.org/rsd/article/download/29512/25571/339422> .

EMBRAPA. *Astrocaryum aculeatum* e *A. vulgare*. *Plantas para o Futuro – Norte*, n. 162, p. 1138-1156, 2014. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1144349/1/Plantas-para-o-Futuro-Norte-1138-1156.pdf> .

ABEYWARDENA, I. *Genetic variation and plant breeding*. 1972.

CARGNELUTTI FILHO, A.; et al. **Métodos para estimativa de repetibilidade em plantas perenes**. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 33, n. 6, p. 1420–1426, 2004.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético*. Viçosa: UFV, 1994.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. *Biometria aplicada ao estudo da genética de plantas*. 3. ed. Viçosa: UFV, 2012.

FALCONER, D. S. *Introduction to quantitative genetics*. 2. ed. London: Longman, 1981.

FALCONER, D. S.; MACKAY, T. F. C. *Introduction to quantitative genetics*. 4. ed. Harlow: Pearson, 1996.

FARIAS NETO, J. A.; et al. **Repetibilidade em coqueiro**. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 25, n. 1, p. 123–130, 2003.

OLIVEIRA, M. C.; FERNANDES, D. J. **Estimativas de parâmetros genéticos em *Arecaceae***. *Acta Amazonica*, v. 31, n. 3, p. 511–520, 2001.

RESENDE, M. D. V. *Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes*. Viçosa: UFV, 2002.

SIQUEIRA, J. A. **Estudos de repetibilidade em Cocos nucifera**. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 4, n. 1, p. 15–22, 1982.

SOUZA, R. F.; et al. **Uso do coeficiente de repetibilidade em híbridos de Panicum maximum**. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 50, e20210045, 2021.

PRADO, A. F.; et al. Repetibilidade de caracteres morfológicos de inflorescências de tucumazeiro (*Astrocaryum vulgare*). *Genetics and Plant Breeding Journal*, v. 12, n. 3, p. 45–58, 2024.

CHIA, R.; et al. Estimativas de repetibilidade em híbridos de caiaué e dendezeiro. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 31, n. 4, p. 785–792, 2009.

ENGELMANN, N. J.; CLINTON, S. K.; ERDMAN, J. W. *Nutritional aspects of phytoene and phytofluene, carotenoid precursors to lycopene*. *Advances in Nutrition*, v. 2, n. 1, p. 51–61, 2011. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22211189/>

FERREIRA, L. E.; SILVA, J. F.; SILVA, L. M.; SILVA, M. S.; SILVA, T. M.; SILVA, A. M. *Estudo da degradação de carotenoides e formação de compostos voláteis em vinho do Porto*. *Food Research International*, v. 41, n. 7, p. 711–717, 2008. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26050169/>

SANTOS, L. M.; SILVA, R. M.; PEREIRA, R. P.; SILVA, A. F.; CUNHA, J. S.; SILVA, M. T. *Extração de carotenoides totais de subprodutos da fruta de tucumã (Bactris gasipaes) utilizando óleo de girassol por meio de extração assistida por ultrassom*. *Ultrasonics Sonochemistry*, v. 27, p. 560–566, 2015. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25911166/>

OLIVEIRA, M. T.; SILVA, J. A.; SILVA, A. R.; SILVA, L. P.; SILVA, T. M.; SILVA, A. F. *Estudo das propriedades antioxidantes e farmacológicas de extratos de tucumã (Astrocaryum vulgare) provenientes da polpa e cascas*. *Journal of Food Science*, v. 83, n. 2, p. 456–463, 2018. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29315625/>

MEDEIROS, M. F. T. et al. **Estratégias de conservação de palmeiras nativas da Amazônia**. *Agro@mbiente On-line*, v. 13, n. 1, p. 1-12, 2019.

PEPLOWSKY, F. A. et al. **Entropia de Shannon como ferramenta para avaliação da diversidade genética**. *Colloquium Agrariae*, v. 13, n. 2, p. 103-111, 2017.

SILVA, C. G. et al. **Caracterização genética de populações de Astrocaryum vulgare por marcadores morfoagronômicos**. *Revista Agro@mbiente On-line*, v. 16, n. 1, p. 1–10, 2022.

OLIVEIRA, M. do S. P. de. & Moura, E. F. (2010). **Repetibilidade e número mínimo de medições para caracteres de cacho de bacabi (Oenocarpus mapora)**. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 32(4), 1173–1180.

EMBRAPA. **Manual de coleta e conservação de germoplasma vegetal**. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2003.

CRUZ, C. D. **Programa GENES: estatística experimental e matrizes**. Viçosa, MG: UFV, 2013.

OLIVEIRA, M. do S. P. de; COUTURIER, G.; BESERRA, P. *Biologia da polinização da palmeira tucumã (Astrocaryum vulgare Mart.) em Belém, Pará, Brasil*. *Acta Botanica Brasilica*, Recife, v. 17, n. 3, p. 343–353, 2003. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/407027>

PEIXOTO, A. L.; MAZINE, F. F. **Botânica: estrutura e morfologia das plantas vasculares**. Rio de Janeiro: Interciência, 2017.

OLIVEIRA, M. do S. P. de; MOURA, E. F. **Repetibilidade e número mínimo de medições para caracteres de cacho de bacabi (Oenocarpus mapora)**. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v. 32, n. 4, p. 1173-1180, dez. 2010.

COSTA, R. F.; et al. Estimativa de repetibilidade em caracteres qualitativos e quantitativos de dendezeiro (*Elaeis guineensis*). *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 43, e-2021, 2021.

FALCONER, D. S.; MACKAY, T. F. C. *Introduction to quantitative genetics*. 4. ed. Harlow: Pearson, 1996.

ROSAS, M. R.; OLIVEIRA, M. do S. P. de; SANCHES, E. de N. M.; OLIVEIRA, N. P. de. **Repetibilidade de marcadores RAPD em germoplasma de tucumã-do-pará**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE RECURSOS GENÉTICOS, 2., 2012, Belém, PA. Anais... Brasília, DF: Sociedade Brasileira de Recursos Genéticos, 2012. 1 CD-ROM.

LOPES, V. S.; OLIVEIRA, M. do S. P. de. **Coefficiente de repetibilidade para o caráter maturação de frutos em tucumanzeiros (Astrocaryum vulgare Mart.)**. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL, 17.; SEMINÁRIO DE PÓS-GRADUAÇÃO DA EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL, 1., 2013, Belém, PA. Anais. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2013. 1 CD-ROM. PIBIC 2013.

MENDES, G. G. C.; OLIVEIRA, M. do S. P. de. **Estimativas de repetibilidade para caracteres de cacho em genótipos de tucumanzeiro selecionados para alto teor de óleo na polpa**. In: ENCONTRO AMAZÔNICO DE AGRÁRIAS, 8., 2016, Belém, PA. Anais... Belém, PA: [s.n.], 2016. p. 66-70. Livro VII - Melhoramento genético.

PADILHA, N. C. C.; OLIVEIRA, M. do S. P. de; MOTA, M. G. da C. **Estimativa da repetibilidade em caracteres morfológicos e de produção de palmito em pupunheira (Bactris gasipaes Kunth)**. *Revista Árvore*, Viçosa, MG, v. 27, n. 4, p. 435-442, 2003. il.

MENDES, G. G. C.; OLIVEIRA, M. do S. P. de. **Repetibilidade para caracteres de cachos em genótipos de tucumã do pará selecionados para produção de frutos**. In: SIMPÓSIO DE FRUTICULTURA SUSTENTÁVEL NO NORDESTE PARAENSE, 2., 2016, Tomé-Açu. Anais... Tomé-Açu: UFRA, 2016. p. 62-64.

PADILHA, N. C. C. **Estimativas dos coeficientes de correlações fenotípicas e**

**repetibilidades entre caracteres morfológicos e de produção de palmito em pupunheira (*Bactris gasipaes* Kunth).** Belém, PA: FCAP, 2001. 70 f. il. Dissertação Mestrado.

ANDRADE, P. C.; OLIVEIRA, M. do S. P. de. **Repetibilidade de diferentes amostras florais na avaliação da viabilidade polínica em açazeiros selecionados na cultivar BRS Pará.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 7., 2013, Uberlândia. Variedade melhorada: a força da nossa agricultura: anais. Viçosa, MG: SBMP, 2013. p. 3107-3110.

LOPES, V. S.; OLIVEIRA, M. do S. P. de. **Coefficientes de repetibilidade para caracteres de flores em tucumanzeiros (*Astrocaryum vulgare* Mart.).** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 7., 2013, Uberlândia. Variedade melhorada: a força da nossa agricultura: anais. Viçosa, MG: SBMP, 2013. p. 3278-3282.

MACIEL, A. R. N. A.; OLIVEIRA, M. do S. P. de; SOUSA, T. S. **Repetibilidade para caracteres de frutos em matrizes de bacabão de diferentes locais do Pará.** In: SIMPÓSIO DE FRUTICULTURA SUSTENTÁVEL NO NORDESTE PARAENSE, 2., 2016, Tomé-Açu. Anais... Tomé-Açu: UFRA, 2016. p. 17-19.

OLIVEIRA, E. M.; TEIXEIRA, D. H. L.; OLIVEIRA, M. do S. P. de. **Número mínimo de frutos por cacho para avaliação de descritores de frutos de açazeiros - BRS Pará.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS GENÉTICOS, 2., 2008, Brasília, DF. Anais... Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2008. p. 454.

Oliveira, Maria do Socorro & Mendes, Gleidson & Maciel, Alynne & Costa, Jordan. (2024). **Fenologia da floração e da frutificação do tucumanzeiro nas condições de Belém, Pará, Brasil.** Research, Society and Development. 13. e13513746428. 10.33448/rsd-v13i7.46428.