





EFEITOS DOS MESES NO COMPORTAMENTO DE PROGÊNIES DE AÇAIZEIRO PARA CARACTERES DE CACHO DE FRUTOS

MONTHS EFFECTS ON THE AÇAIZEIRO PROGENIES BEHAVIOR FOR FRUIT BUNCH CHARACTERS

Gilberto Ken Iti Yokomizo¹ , Kuang Hongyu² , João Tomé de Farias Neto³  e Francisco de Oliveira Cruz Júnior⁴ 

Recebido em 26 de Maio de 2025 | Aprovado em 20 de Agosto de 2025

RESUMO

O consumo da polpa de açaí amplia-se mundialmente e com isso a seleção de materiais genéticos promissores que atenda este aumento da demanda. Mas o comportamento sazonal da produção é pouco conhecido, além disso a quantidade de progênies nas pesquisas dificulta a interpretação das análises gráficas, portanto o objetivo deste trabalho é identificar as progênies com comportamento promissor em relação aos meses do ano combinando análise multivariada, agrupamento por dendrograma para posterior análise AMMI. As progênies foram instaladas em delineamento experimental de blocos ao acaso, duas repetições e cinco plantas por parcela numa área de várzea no município de Mazagão, AP. Foram avaliados os caracteres: FF - cachos com frutos em formação; FM - cachos com frutos maduros e; TM - tamanho do cacho. Como conclusões tem-se que a combinação entre multivariada, agrupamento pelo dendrograma e análise AMMI mostram-se necessárias e eficientes num quantitativo grande de progênies para interpretação gráfica da análise de estabilidade e adaptabilidade; a variabilidade genética existente é fundamental para a continuidade do melhoramento genético da espécie; as progênies com maior destaque foram P4, P8 e P30, somando-se com o modelo AMMI2 a progênie P29. Adicionalmente tem-se as progênies P51, P53 e P55, que estão nos mesmos agrupamentos do dendrograma; entre a metade final do período chuvoso (março) até a metade inicial do período de estiagem (agosto) é o período do ano onde as progênies possuem maiores contribuições para as médias positivas nos caracteres avaliados.

Palavras-chave: *Euterpe oleracea*; melhoramento genético; interação genótipo x ambiente; análise de componentes principais

ABSTRACT

The açai pulp consumption is expanding worldwide, and with it the selection of promising genetic materials to meet this increased demand. However, the seasonal behavior of production is poorly understood, and the large number of progenies in the studies complicates the interpretation of graphical analyses. Therefore, the objective of this study is to identify progenies with promising behavior in relation to the months of the year, combining multivariate analysis and dendrogram clustering for subsequent AMMI analysis. The progenies were planted in a randomized complete block design with two replicates and five plants per plot in a floodplain area in the

¹ Doutor em Agronomia - Genética e Melhoramento de Plantas pela Universidade de São Paulo. Pesquisador da Embrapa Amapá. Email: gilberto.yokomizo@embrapa.br;

² Doutor em Ciências - Estatística e Experimentação Agronômica pela Universidade de São Paulo - ESALQ/USP. Email: Professor na Universidade Federal do Mato Grosso (UFMT). Email: kuang_hongyu@hotmail.com;

³ Doutor em Agronomia (Genética e Melhoramento de Plantas) pela Universidade de São Paulo. Pesquisador do Centro de Pesquisa Agroflorestal da Amazonia Oriental. Email: joao.farias@embrapa.br;

⁴ Doutor em Biodiversidade e Biotecnologia (BIONORTE) pela Universidade Federal do Amapá (UNIFAP). Analista de Meio Ambiente/Pesquisador no Instituto de Pesquisa Científicas e Tecnológicas do Amapá (IEPA). Email: junior20_oliveira@yahoo.com.br

municipality of Mazagão, AP. The following characters were evaluated: FF - bunches with forming fruit; FM - bunches with ripe fruit; and TM - bunch size. The conclusions are that the combination of multivariate analysis, dendrogram grouping, and AMMI analysis are necessary and efficient for a large number of progenies for graphical interpretation of the stability and adaptability analysis. The existing genetic variability is fundamental for the continued genetic improvement of the specie. The progenies with the greatest prominence were P4, P8, and P30, with the AMMI2 model adding progeny P29. Additionally, there are progenies P51, P53, and P55, which are in the same dendrogram groupings. The period between the final half of the rainy season (March) and the initial half of the dry season (August) is the period of the year when the progenies make the greatest contributions to the positive averages in the evaluated traits.

Keywords: Euterpe oleracea; genetic breeding; genotype x environment interaction; principal component analysis

1 Introdução

O açaizeiro pertence à família *Arecaceae*, sendo uma palmeira nativa na região amazônica com destacada importância na fruticultura regional, principalmente no Pará, cujo fruto é responsável por destacada movimentação econômica e alimentar através de sua produção e consumo da polpa (Neves *et al.*, 2015), que é o principal produto desta espécie e símbolo deste Estado (Silvestre *et al.*, 2016). Adicionalmente Yuyama *et al.* (2011), mencionam que essa espécie se sobressai devido ao elevado potencial agrônomo, tecnológico e nutricional.

A cadeia produtiva do açaí tem como base a exploração extrativa, compondo a maior parcela na renda das pessoas que moram na beira dos muitos rios da região, contudo a coleta dos frutos ocorre apenas por quatro meses do ano no segundo semestre do ano, esta sazonalidade obriga a busca de atividades complementares para manter a renda mensal, muitas vezes indisponível e, portanto, uma porcentagem alta da população torna-se ociosa gerando problemas sociais (Ximenes *et al.*, 2020).

A divulgação das importantes propriedades da polpa de açaí como suplemento vitamínico, efeito antioxidante e fonte energética despertou um interesse pelo mercado internacional, gerando um crescimento exponencial de consumo. Destacando-se os EUA que importam cerca de 70% do total produzido pelo Brasil. Outros importantes mercados incluem a Alemanha, Bélgica e a Holanda, somando-se mais recentemente, Japão, Austrália, entre diversos outros, atraídos pelas características nutracêuticas deste fruto do estuário amazônico.

Um problema para o processo de exportação, conforme cita a CONAB (2020), é a presença de entressafra, com ocorrência no primeiro semestre e, safra com maior pico concentrada de agosto a novembro no Pará que é o maior responsável em atender esta demanda.

A ausência de produção por todo o ano problemas de formalização de contratos para as exportações, devido a exigência de volume constante e oferta permanente.

Esse crescente processo de exportação demandando um quantitativo ascendente pela polpa do fruto, segundo Nogueira *et al.* (2013) e Nogueira e Santana (2016) é responsável pelo aumento do preço para o consumidor local, com maior intensidade na entressafra (janeiro a junho), com aumento que pode chegar a 400%, acompanhado pela escassez do produto na economia local, causando um forte desequilíbrio de comércio, pois o mercado de açaí é do tipo inelástica, com a oferta se mantendo num quantitativo mesmo com a intensa variação em relação ao preço.

Tentando solucionar o problema do mercado consumidor regional e atender à crescente demanda pelo fruto por mercados internacionais, estudos para o desenvolvimento de técnicas de manejo e produção tem sido conduzido, conforme cita Coutinho (2017), com objetivo de ampliação do período da safra e aumento de produção.

O uso da irrigação e adubação em plantios nas áreas de terra firme foi uma solução apresentada por Farias Neto *et al.* (2011), permitindo melhorar a distribuição da safra anual e em contraponto diminuindo a entressafra. O Estado do Pará concentra as maiores populações naturais da espécie tanto na porção continental quanto em ilhas fluviais, importantes regiões produtoras. Na região nordeste do Estado, tem-se promovido a substituição do sistema extrativista com baixa produção por sistemas com melhores índices de produtividade, baseados principalmente no uso de manejo e irrigação em áreas de terra firme (Homma *et al.*, 2006; Farias Neto *et al.*, 2011).

A adoção de novas tecnologias no sistema de produção evidentemente tem trazido benefícios, bastando verificar que num sistema extrativo em várzea tem se baixa produtividade ($4,2 \text{ t.ha}^{-1}$), nestes mesmos locais com adoção de manejo ocorre um aumento ($8,4 \text{ t.ha}^{-1}$) e cultivos irrigados em terra firme tem-se atingido 15 t.ha^{-1} , com perspectiva de aumentos mais expressivos aplicando-se novos processos tecnológicos (Santos *et al.*, 2012). Conforme citam Sousa e Andrade (2018) com a adoção de manejo a menor produção ocorre em janeiro, com a safra ocorrendo de março a agosto, com pico em agosto, com entressafra de setembro a outubro. Já sem manejo a safra foi de junho a agosto, com pico em julho, isso significa que apenas a adoção de manejo já gera ampliação da safra e distinção de época de pico.

Apesar do cultivo em áreas de terra firme permitir a adoção de práticas de manejo mais eficientes, a exploração da espécie ainda se concentra, em grande parte, nas áreas de várzea,

caracterizado por condições adversas, especialmente devido às inundações diárias (Galeão, 2017).

A influência de efeitos ambientais na manifestação do fenótipo pelos indivíduos traz complicações para selecionar materiais genéticos capazes de atender as demandas dos produtores. Tendo-se que quanto maior a quantidade e variação dos fatores ambientais existe a possibilidade de diferentes expressões vegetativas e reprodutivas das plantas. Esse comportamento recebe a denominação de interação genótipos versus ambientes (GxA), dificultando a seleção e recomendação de genótipos (Cruz *et al.*, 2014). Por causa desta interação, os programas de melhoramento genético visam selecionar materiais que possuam ampla adaptação e estabilidade, com possibilidade de recomendação aos mais diversos locais (Malosetti *et al.*, 2013) associado a caracteres produtivos superiores.

Entre as diversas metodologias estatísticas para estimar a interação GxA, destaca-se a análise AMMI (“Additive Main Effects and Multiplicative Interaction Model”). Este procedimento permite a interpretação e compreensão dos distintos padrões de interação por meio da caracterização eficaz dos fatores genéticos e ambientais existentes e, portanto, obter estimativas mais precisas das respostas genótípicas frente aos vários ambientes (Duarte, 2001). Os resultados geram uma representação simultânea dos genótipos e dos ambientes disponibilizando informações referentes a estabilidade e a adaptabilidade de ambos, além de identificar os melhores genótipos (Karimizadeh *et al.*, 2016). Estes dados podem subsidiar o zoneamento agrônômico e a identificação de locais-chave para a condução de testes ou para recomendação de cultivares (Lavoranti, 2003).

Apesar do reconhecimento da existência da sazonalidade da produção de açaí e da necessidade de se encontrar materiais genéticos superiores para o aumento da produtividade, ainda são escassas as informações referentes ao comportamento mensal de progênes ao longo do ano, envolvendo a sazonalidade de produção. Desta forma este trabalho tem como objetivo avaliar mensalmente o desempenho agrônômico de progênes de açaizeiros com o intuito de identificar aqueles com comportamento promissor pela análise gráfica AMMI. Para isso, será efetuado primeiramente uma análise multivariada, seguida de pré-seleção de progênes por meio do agrupamento hierárquico representado em um dendrograma, uma vez que o elevado número de progênes em estudo inviabiliza a interpretação gráfica obtida do AMMI.

2 Metodologia

Essa avaliação se refere ao programa de melhoramento genético de açaizeiro para produção de frutos no estuário amazônico, conduzido em área de várzea no Campo Experimental de Mazagão pertencente a Embrapa Amapá, situado nas coordenadas geográficas 00° 06' 42.07" S e 51° 16' 50.07" W. O solo é do tipo Gley Pouco Húmico de textura média, com média a alta fertilidade natural pela sedimentação de nutrientes pelo rio Mazagão (Cavalcante; Atroch, 1995). A topografia é plana com cobertura vegetal tipo capoeira. O tipo climático é Ami segundo classificação de Köppen, tropical chuvoso, com temperatura média anual de 27°C, com o mês mais frio (junho) tendo média de 22,7°C e o mais quente (setembro) de 32,8°C. A precipitação total é de 2410 mm, com concentração entre os meses de janeiro e junho, com o mês mais seco (outubro) tendo 32 mm e o mais chuvoso (março) com 365 mm. A umidade relativa média do ar é de 85% (Climate-data.org, 2024). Dados climáticos mensais médios são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Precipitação total mensal (Prec, em mm), médias das temperaturas máximas (TMax, em °C), mínima (TMin, em °C), temperatura média anual (TMed, em °C) no município de Mazagão, AP, média histórica entre 1980 e 2016.

meses	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Prec	225	275	283	308	250	200	133	67	73	29	46	121
Tmax	31,56	30,31	30,31	30,63	31,56	31,88	32,19	32,81	32,97	33,13	32,81	32,50
Tmin	23,44	23,44	23,75	24,06	24,06	23,85	23,75	24,06	23,97	24,06	24,38	24,31
Tmed	28,26	27,74	27,75	27,94	28,37	28,61	28,54	28,68	28,93	29,03	29,00	28,85

Fonte: Adaptado de Weatherspark (2024)

O delineamento experimental adotado foi blocos ao acaso, com duas repetições e parcela com cinco plantas, adotando-se o espaçamento de 4 x 5m. O número reduzido de repetições deve-se ao quantitativo de 76 progênies que com um maior número de repetições tornaria a área total do experimento inviável. As progênies foram coletadas de açaizais nativos presentes da região oeste da Ilha de Marajó (safra de inverno).

As avaliações foram realizadas mensalmente entre os anos de 2009 até 2013 utilizando os caracteres: FF- número de cachos com frutos verdes por estipe; FM- número de cachos com fruto maduros; TM – nota de tamanho do cacho: valor atribuído a avaliação visual dos cachos: onde 1 é atribuído a cachos pequenos e com poucos frutos até 7 para cachos de maior tamanho e com maior quantitativo de frutos.

Nas pesquisas geralmente há mais de um caráter estudado, com isso a interpretação em conjunto de todas nem sempre é possível, pois geralmente um material genético não é superior

em todos os caracteres simultaneamente, portanto para facilitar a compreensão foi realizada uma análise multivariada.

Adicionalmente a quantidade de progênies dificulta a interpretação dos resultados em análises gráficas, produzindo uma aglomeração que impede visualizar qual se destacou entre todos os materiais genéticos. Para contornar este problema adotou-se um agrupamento pelo dendrograma, buscando-se selecionar cerca de 50%. A redução do quantitativo das progênies permite a análise gráfica AMMI, e posterior vinculação das superiores com as que estão no mesmo agrupamento no dendrograma.

Na análise de agrupamento foi utilizada a distância generalizada de Mahalanobis (D^2) como medida de dissimilaridade, considerando a correlação entre os caracteres avaliados, conforme citam Cruz *et al.* (2014). O dendrograma com base na matriz de dissimilaridade foi estruturado pelo método de UPGMA (*Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean*) cuja média das distâncias entre todos os pares de itens que formam cada grupo determina a formação do agrupamento.

O modelo de análise AMMI conforme descrito por Duarte e Vencovsky (1999) é:

$$Y_{ij} = \mu + g_i + a_j + \sum_{k=1}^n \lambda_k \gamma_{ik} \alpha_{jk} + \rho_{ij} + \bar{\varepsilon}_{ij} \quad \text{onde: } Y_{ij} \text{ é a resposta média das repetições da}$$

i -ésima progênie ($i = 1, 2, 3, \dots, g$) no j -ésimo mês ($j = 1, 2, 3, \dots, a$); μ é a média de todas as progênies em meses (média geral); g_i é o efeito principal da progênie “ i ”; a_j é o efeito principal do mês “ j ”; λ_k , γ_{ik} e α_{jk} são os termos da decomposição singular (DVS) ou da análise de componentes principais (ACP) da matriz $GE_{g \times a} = \{(ga)_{ij}\}$, que expressam e capturam o “padrão” associado à interação da progênie “ i ” com o mês “ j ”, sendo $(ga)_{ij}$ os desvios de aditividade dos dados (Y_{ij}) em relação aos efeitos principais g_i e a_j ; ρ_{ij} é o ruído adicional a ser eliminado na análise, relativamente ao termo $(ga)_{ij}$ tomado tradicionalmente como a própria interação; e $\bar{\varepsilon}_{ij}$ é o erro experimental médio, em nível de médias de repetições, assumido: $i.i.d. \sim N(0, \sigma^2)$.

Desta forma, a análise AMMI segue duas etapas sequenciais: 1^a) os efeitos principais, que é a parte aditiva do modelo (média geral, efeitos de progênies e meses), ajustados pela análise de variância (ANOVA), gerando um resíduo de não aditividade: $(g\hat{a})_{ij} = Y_{ij} - \bar{Y}_i - \bar{Y}_j + \bar{Y}_{..}$, ou seja, nas estimativas de quadrados mínimos ordinários de $(ga)_{ij}$; 2^a) a interação (parte multiplicativa do modelo) é ajustada mediante o DVS ou ACP aplicada à matriz $GE_{g \times a} = \{$

$(\hat{g}\hat{a})_{ij}$ }, gerando uma parcela intitulada “padrão” (a interação propriamente dita – interação AMMI), e num outro item denominado de “ruído”, que deve ser descartada juntamente com o resíduo ANOVA.

Apoiado nos critérios utilizados por Gauch e Zobel (1988), que considera a proporção da soma de quadrados da interação original ($SQ_{G \times A}$) acumulada até o n-ésimo eixo, para definir o número de eixos principais a serem retidos, que tenha capacidade de explicar e representar

graficamente o padrão relacionado à interação segue a equação: $\sum_{k=1}^n \lambda_k^2 / SQ_{G \times A}$

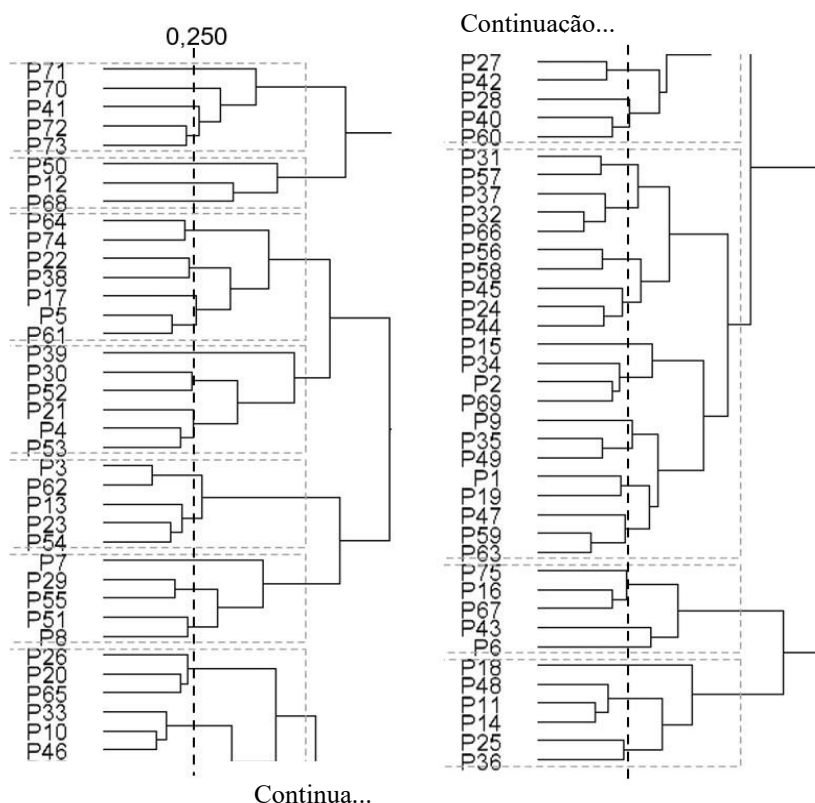
Dessa forma, o ponto de parada que determina a seleção do modelo na família a ser considerado dentre os modelos AMMI ($AMMI_0, AMMI_1, \dots, AMMI_n$), tem seu ponto de definição baseado na significância dos testes F_{Gollub} , para os sucessivos termos de interação, onde os eixos PC a serem retidos é obtido pela significância de cada componente relacionado ao QM erro médio dos eixos.

Todos os tratamentos estatísticos dos dados e análises foram realizados utilizando-se os procedimentos do programa R versão 4.5.1 (R Core Team, 2025).

3 Resultados e Discussão

O quantitativo de 76 progênies estudadas dificulta a interpretação da dispersão em análises gráficas, aqui no caso envolvendo a metodologia AMMI, para facilitar o processo foi efetuado o agrupamento pelo dendrograma (Cruz *et al.*, 2014), onde cada agrupamento foi composto por progênies similares, selecionando-se apenas uma destas para o estudo gráfico pelo biplot. Posteriormente com o resultado das melhores progênies correlaciona-se com as demais progênies do mesmo agrupamento, por serem similares. O limite adotado para gerar cada agrupamento foi 0,250 de dissimilaridade, cujos grupos permitiram a escolha de 37 progênies para constituírem o estudo gráfico (Figura 1).

Figura 1. Dendrograma pelo método de Ligação Média entre Grupos (UPGMA) entre 76 progênes de açaizeiro em conjunto nos caracteres número de cachos com frutos verdes (FF), número de cachos com frutos maduros (FM) e nota de tamanho de cacho (TM), Mazagão, AP de 2009 até 2013.



Fonte: Yokomizo, Cruz Júnior, Hongyu, Farias Neto (2024)

No resumo da análise de variância há diferenças significativas entre as progênes e para a interação genótipos com ambientes, ou seja, nota-se respostas fenotípicas diferenciadas causadas pelos diferentes efeitos ambientais, análogo ao observado por Aliyu *et al.* (2014). Desta forma há manifestação de variabilidade genética e, adicionalmente deve se ressaltar que o efeito meses também contribuiu para a expressão dos caracteres em estudo (Tabela 1). Esse comportamento segundo Aliyu (2012) se deve a existência de uma base genética considerável (introduções distintas, nível de domesticação da espécie e melhoramento já realizado), pela presença de polinização cruzada livre (meios irmãos), diferentes interações GxA e variabilidade genética.

Os efeitos que não são passíveis de controle decorrente aos diferentes meses, constituem cerca de um terço do total das variações, superiores em comparação a variação genética (progênes). Os componentes genéticos e a interação GxA contribuíram na variação total observada, com valores de 18,451% e 32,123%, com o primeiro valor de importância por indicar a presença de variabilidade genética que é necessário para a seleção de progênes

superiores nas condições deste experimento, mesmo que comparativamente seja menor que os efeitos dos meses e da interação, sendo diferente ao obtido por Aliyu *et al.* (2014), onde o maior contribuinte foi a genética, pelo fato de avaliar material originado de cruzamentos livres. A presença desta variabilidade serve de base para a seleção de progênes promissoras para comporem novas variedades ou cultivares com adaptação específica associado com rendimentos superiores. Devendo-se ressaltar que os fatores ambientais e a interação GxA são os maiores responsáveis pela variação observada, ou seja, indicativo que as progênes apresentam desempenho fenotípico variado em resposta às condições impostas nas condições de campo.

Tabela 1. Resumo da análise de variância e quadrados médios associados ao desdobramento do efeito de interação GxA em conjunto para os caracteres número de cachos com frutos verdes (FF), número de cachos com frutos maduros (FM) e nota de tamanho de cacho (TM), Mazagão, AP de 2009 até 2013.

Fonte de Variação	GL	QM	PQM%
Mês (A)	11	31,433*	32,551
Rep	12	14,938**	16,876
Progênie (G)	36	5,444**	18,451
GxA	396	0,862**	32,124
resíduo	38167	0,200	
CV		33,200	
Média		1,348	

** , * e ^{ns}, significativos a 1% e 5% e não significativo pelo teste F_{Gollob} , respectivamente.

PQM%: porcentagem representativa na contribuição dos quadrados médios.

Fonte: Yokomizo, Cruz Júnior, Hongyu, Farias Neto (2024)

A existência do efeito da interação GxA (resíduo de não aditividade), indica a possibilidade de decomposição desta interação em eixos PCs a serem determinados pela análise AMMI nos caracteres em conjunto. Na Tabela 2 o primeiro eixo principal gerado (PC1), que acumula o padrão associado à interação GxA, sem considerar possíveis distorções, alcançou o valor de 49,8% da SQ_{GxA} , abaixo da estimativa citado para o PC1 no trabalho de Aliyu *et al.* (2014).

Pelo teste F_{Gollob} nos caracteres em análise multivariada tem-se como significativos os eixos PC1 e PC2, sendo responsáveis em explicar a parte padrão da interação GxA. Os eixos posteriores presumivelmente são constituídos apenas por ruídos, que somente geram distorções nos resultados em relação à realidade, dificultando a interpretação das análises, conforme mencionado por Maia *et al.* (2019). Portanto o uso do modelo AMMI2 é viável, pois a soma dos dois primeiros termos acumula 80,3% da totalidade da SQ_{GxA} , que é suficiente para conseguir explicar a variação baseada na genética das progênes, valor este superior a 70% nos dois eixos, que é considerado um limite mínimo conforme afirmam Ramos *et al.* (2009) e Yan *et al.* (2000).

Tabela 2. Porcentagens da soma de quadrados total ($SQ_{G \times A}$) associada a cada eixo principal, individualmente (pi) e acumulada (pa) e significância dos quadrados médios, estimados pela análise AMMI em conjunto para os caracteres número de cachos com frutos verdes (FF), número de cachos com frutos maduros (FM) e nota de tamanho de cacho (TM), Mazagão, AP de 2009 até 2013.

	pi%	pa%	QM
PC1	49,8	49,8	0,091**
PC2	30,6	80,3	0,058*
PC3	6,9	87,2	0,014 ^{ns}
PC4	5,1	92,3	0,011 ^{ns}

** , * e ^{ns}, significativos a 1% e 5% e não significativo pelo teste F.

Fonte: Yokomizo, Cruz Júnior, Hongyu, Farias Neto (2024)

Esta soma dos dois primeiros eixos PCs mostra que o AMMI2 consegue ter uma excelente capacidade de predição do comportamento individual de cada progênie com um modelo relativamente simples (contendo poucos termos multiplicativos). Aceitando-se que os dados se comportam no que se denomina “padrão” associado à interação GxA neste conjunto modelo-dados, em que poucos eixos são significativos e com capacidade de capturar a variação em quase sua totalidade. Este comportamento se assemelha aos resultados estimados em outros trabalhos, como em caju para Aliyu *et al.* (2014) e em bananeira para Yokomizo *et al.* (2016), em que os dois primeiros eixos praticamente conseguiram explicar a totalidade da SQ da interação.

Conforme cada situação são encontradas variações quanto ao número de eixos representativos, por exemplo, apenas 1 eixo sendo suficiente nos trabalhos com bananeira Tenkouano e Baiyeri (2007) e para melão Gália em produtividade por Nunes *et al.* (2011). Dois eixos acumulando 81,2% da SQ da interação, mas três sendo significativos para Oliveira *et al.* (2014), então nota-se que cada material genético associado com diferentes ambientes mostra desempenhos distintos.

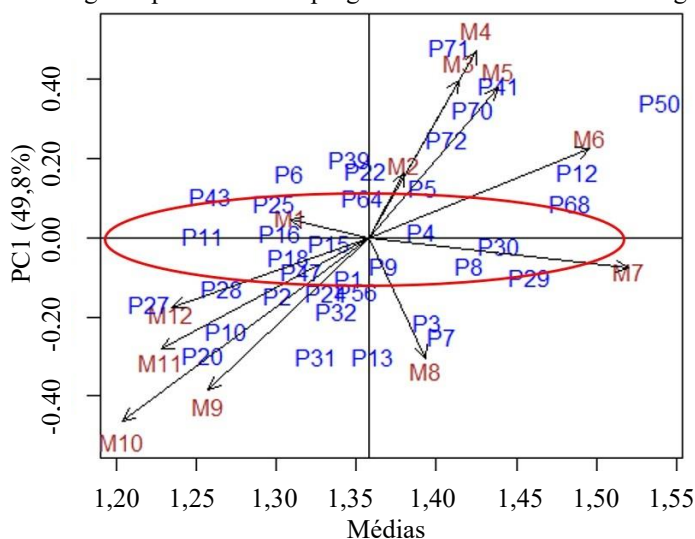
Subsequente a análise estatística, com os dados faz-se a estruturação da plotagem gráfica, partindo-se a pressuposição de que as progênies ou anos que se situam nas cercanias da origem do eixo vertical PC1 no modelo AMMI1 são aqueles com maior estabilidade (Duarte; Vencovsky, 1999; Guzman; Alejandro, 2002; Lavoranti, 2003). No modelo AMMI2 são aqueles que estiverem mais perto da origem de ambos os eixos.

Nos gráficos do modelo AMMI1 na Figura 2 e, AMMI2 na Figura 3, tem-se que as progênies apresentaram dispersão, evidenciando a presença de interação de algumas destas com os meses (adaptações específicas). No biplot AMMI1 (médias vs. PC1) na Figura 2, as progênies com maior estabilidade, isto é, apresentando menores contribuições para os efeitos da interação GxA capturada no primeiro eixo principal (PC1) e possuindo contribuições

positivas para as médias, foram identificadas como P30, P8 e P4, então estas são as com melhor estabilidade manifestada nas respostas fenotípicas aos meses de avaliação, baseado na baixa contribuição para a interação GxA.

Apesar das progênes P50, P12, P68 e P29 também apresentarem elevada contribuição para as médias, o que induziria a supor que também são promissoras, possuem baixa estabilidade, o que é indesejável. Observa-se na Figura 2 a presença de especificidade entre alguns meses com algumas progênes, pela proximidade gráfica. Resultado que se assemelha ao citado por Nunes *et al.* (2011) estudando melão Gália, para maracujá-amarelo em pesquisa de Oliveira *et al.* (2014) e em bananeiras por Yokomizo *et al.* (2016). Graficamente nota-se a existência de progênes com maior estabilidade, estando próximas do eixo PC1 e, também os com melhor adaptabilidade específica estando nas proximidades de determinados meses, tendo também a presença daqueles que apresentaram comportamento intermediário e com presença daqueles com baixa estabilidade.

Figura 2. Biplot AMMI1, Médias (x) vs PC1 (y), com os ambientes correspondentes à meses e progênes, para multivariada para os caracteres número de cachos com frutos verdes (FF), número de cachos com frutos maduros (FM) e nota de tamanho de cacho (TM), Mazagão, AP de 2009 até 2013 em 37 progênes em açazeiros. Anos identificados como M seguido pelo número e progênes identificadas como P seguido de número.



Fonte: Yokomizo, Cruz Júnior, Hongyu, Farias Neto (2024)

Importante ressaltar que as progênes com maiores contribuições para as médias distinguiram-se em relação ao observado por Maia *et al.* (2009) cujos materiais mais produtivos não sofreram influência ambiental significativa, ou seja, foram mais estáveis também.

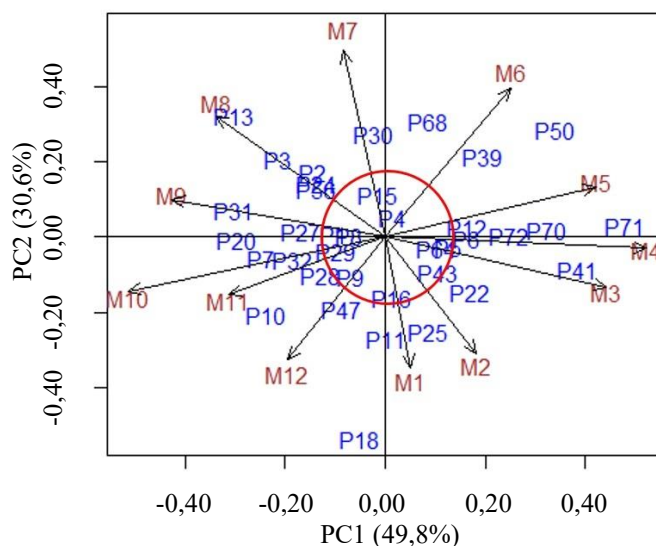
Quanto aos meses, os de maior contribuição para as médias estão entre março e agosto, ou seja, inicia-se na metade do período chuvoso e perdura até em torno do segundo mês de

estiagem. Totalmente condizente com a citação de Sousa e Andrade (2018) que afirmam que em área manejada a safra ocorre neste período. Ressalta-se que especificamente os meses de junho (M6) e junho (M7) contiveram fatores que contribuíram positivamente para a média dos caracteres em conjunto, sendo importantes por então serem aqueles onde há a maior manifestação em relação ao quantitativo e tamanho de cachos das progênes.

O biplot AMMI2 (Figura 3), via de regra ratificou o comportamento genotípico observado no modelo AMMI1, pois foram constatadas coincidências entre progênes, confirmando a estabilidade antes observada, excetuando-se apenas P30, que no segundo modelo apresentou instabilidade, isto é indicativo que o ponto de corte efetuado pelo PC1, *per se* em geral foi suficiente para mostrar a previsibilidade do desempenho dos materiais genéticos, então os caracteres em estudo provavelmente tem pouca influência dos fatores ambientais, responsáveis em gerar a interação GxA.

O segundo eixo (PC2) com certeza conseguiu corrigir possíveis distorções ou erros provenientes de quando se utilizada uma única dimensão. Então no modelo AMMI2 é confirmada a estabilidade (baixa contribuição para interação GxA) e a ampla adaptabilidade visualizada nas progênes P8, P4, P9. A presença da estabilidade é importante, pois gera confiabilidade ao comportamento das progênes num ambiente em relação à média geral de todos os ambientes, conforme citado por Rocha et al. (2007). Neste caso, aqui soma-se a progênie P29, antes considerada como de baixa estabilidade, ao conjunto de progênes promissoras.

Figura 3. Biplot AMMI2, PC1 (x) vs PC2 (y), para multivariada para os caracteres número de cachos com frutos verdes (FF), número de cachos com frutos maduros (FM) e nota de tamanho de cacho (TM), Mazagão, AP de 2009 até 2013 para 37 progênes selecionadas pelo dendrograma em açaizeiros. Meses identificados por M seguido por número e progênes identificadas como P seguido de número.



Fonte: Yokomizo, Cruz Júnior, Hongyu, Farias Neto (2024)

Quando se agrega a informação apresentada pelo segundo eixo (AMMI2), as progênes superiores não mostraram adaptabilidades específicas. As de desempenho intermediário e inferiores em geral mantiveram suas proximidades com os meses mantendo o que foi observado no modelo AMMI1, comportamento este comum e, também citado no trabalho de Aliyu *et al.* (2014). Adicionalmente não houve progênie que tenha conseguido se adaptar simultaneamente a todas as condições ambientais, similar ao visto por Aliyu *et al.* (2014).

A ausência de interações das progênes com determinados meses no modelo AMMI1 também se observa no biplot AMMI2, confirmando que não há resposta fenotípica ou especificidade com determinados fatores ambientais de alguns materiais genéticos, o que é interessante por permitir a busca daqueles que se mostram mais estáveis, sendo aqueles situados mais próximos do centro de origem dos dois eixos (Figura 3).

Ressaltando novamente que o comportamento entre os dois modelos indica que o primeiro eixo foi capaz de capturar a parcela mais importante do padrão da interação GxA, sendo que a distribuição nos gráficos tanto das progênes como dos meses é similar ao citado por Sethi *et al.* (2016), e diferindo parcialmente ao apresentado por Oliveira *et al.* (2014) cujo somente alguns genótipos confirmaram desempenho similar do no modelo AMMI2, apresentando estabilidade apenas em AMMI1, indicando que o primeiro eixo não suficiente em capturar os efeitos que realmente são responsáveis pelo comportamento dos materiais genéticos.

Baseado na maior dispersão dos pontos ou vetores nos biplots (AMMI1, médias x PC1 e; AMMI2, PC1 x PC2), tem-se que o fator denominado de meses, individualmente apresentaram contribuições superiores para a interação GxA em relação às progênes, excetuando-se no comparativo somente a progênie P50 no modelo AMMI1 e a progênie P18 no modelo AMMI2. Tendência similar as pesquisas de Nunes *et al.* (2011), Oliveira *et al.* (2014) e Yokomizo *et al.* (2016), apesar de serem com espécies diferentes, mas o que é importante destacar é a necessidade de estudos para identificar os fatores ambientais específicos envolvidos na manifestação da interação GxA, segundo Aliyu *et al.* (2014), aqui especificamente referindo-se aos diferentes meses de avaliação, que principalmente possuem diferentes condições de temperatura e umidade.

Quantos aos ambientes com baixos escores nos eixos PC (alta estabilidade), segundo Oliveira e Godoy (2006) devem ser considerados interessantes para uso no início dos programas de melhoramento, quando ainda há pouca quantidade de sementes e/ou material propagativo

que limita a instalação de áreas experimentais em vários locais. Devido estes ambientes conseguirem representar uma média de todos, portanto, aqui apenas o mês de janeiro sob estas condições intrínsecas é aquele a ser considerado no modelo AMMI1 e AMMI2 (Figuras 2 e 3).

A fonte de variação intitulada de meses teve distribuição em todos os quadrantes na análise AMMI2 (Figura 3), num padrão disperso e equitativo, não ocorrendo sobreposição, o que indica a presença de distintos fatores com efeito na interação e contribuição ao primeiro eixo principal. Essa contribuição diferenciada pelo efeito das diferenças ambientais, destacando-se nas condições do município de Mazagão principalmente as temperaturas e a quantidade de pluviosidade, assim como o manejo e o estágio fenológico das plantas de açaizeiro, não se assemelhou ao que é citado por Aliyu *et al.* (2014) com tendência de similaridade dos ambientes.

Devido os estudos com açaizeiro serem recentes e com poucas informações sobre a resposta dos materiais genéticos em relação aos diferentes fatores é importante que futuras pesquisas sejam conduzidas para qualificar e quantificar quais efetivamente contribuem na interação. Nas Figuras 2 e 3, nota-se na dispersão das progênies que há pouca adaptabilidade específica, tornando importante o desenvolvimento de manejo adaptado para as especificidades fisiológicas e ecológicas do açaizeiro. Concordando com a proposição de Aliyu *et al.* (2014) em que existe a necessidade de tecnologias adaptadas para uma melhor resposta do indivíduo para as especificidades ambientais.

4 Considerações

A combinação da multivariada, com o agrupamento pelo dendrograma, permitindo o uso de um representante por agrupamento na análise gráfica AMMI é eficiente e necessária para interpretação gráfica da análise de estabilidade e adaptabilidade;

A variabilidade genética existente nas progênies, mostrada pelas distintas contribuições individuais para a interação GxA, são fundamentais para a continuidade do melhoramento genético da espécie;

As progênies com maior destaque para estabilidade e adaptabilidade foram P4, P8 e P30, somando-se com o modelo AMMI2 a progênie P29. Adicionalmente tem-se as progênies P51, P53 e P55, que estão nos mesmos agrupamentos do dendrograma.

A metade final do período chuvoso (março) até a metade inicial do período de estiagem (agosto) é o período do ano onde as progênies possuem maiores contribuições para as médias positivas nos caracteres avaliados.

Referências

ALIYU, O. M. Genetic diversity of the Nigerian cashew germplasm. In: CALISKAN, M. (Ed.) **Genetic Diversity in Plants**. Rijeka: InTech Publisher, 2012, p. 163-184. <https://doi.org/10.5772/32892>

ALIYU, O. M.; ADEIGBE, O. O.; LAWAL, O. O. Phenotypic stability analysis of yield components in Cashew (*Anacardium occidentale* L.) using additive main effect and multiplicative interaction (AMMI) and GGE biplot analyses. **Plant Breeding Biotechnology**, Suwon, v. 2, n. 4, p. 354-369, 2014. <https://doi.org/10.9787/PBB.2014.2.4.354>

CAVALCANTE, E. da S.; ATROCH, A. L. **Melhoramento genético: Resultados obtidos em experimentos com a cultura do arroz no período de 1982 a 1989 no Estado do Amapá**. Macapá: EMBRAPA-CPAF-Amapá, 1995. 23 p. (EMBRAPA-CPAF-Amapá. Boletim de pesquisa, 14)

CLIMATE-DATA.ORG **Clima Mazagão**. Disponível em: <<https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/amapa/mazagao-33758/#climate-graph>>. Acesso em: 11 mar 2025.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Açaí - Análise Mensal - Março/2020**. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuario-e-extrativista/analises-do-mercado/historico-mensal-de-acai>>. Acesso em: 22 mar 2025.

COUTINHO, R. V. **A exploração do açaí como alternativa para o desenvolvimento econômico da Amazônia Legal: estudo de caso do estado do Pará (1990-2010)**. 86 p. 2017. (Dissertação do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional da Amazônia). Universidade Federal de Roraima.

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético** (3. ed.). Viçosa: Editora UFV. 2014. 668 p.

DUARTE, J. B. Aspectos gerais da interação genótipos x ambientes com ênfase na formação de redes de avaliação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 1., Goiânia, 2001. **Resumos**. Goiânia: SBMP, 2001.

DUARTE, J. B.; VENCOSKY, R. **Interação genótipos x ambientes: uma introdução à análise AMMI**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1999. 60p.

FARIAS NETO, J. T.; RESENDE, M. D. V.; OLIVEIRA, M. S. P. Seleção simultânea em progênies de açaizeiro irrigado para produção e peso do fruto. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 1, p. 532-539, 2011. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452011000200025>

GALEÃO, P. **Potencialidades e limites da cadeia de valor do açaí em boca do Acre.**

Instituto Internacional de Educação do Brasil. 14 p.. Março 2017. Disponível em: <
http://www.fundovale.org/wp-content/uploads/2017/10/2_acai_bocadoacre.pdf>. Acesso em:
28 jul 2025.

GAUCH, H. G.; ZOBEL, R. W. Predictive and postdictive success of statistical analysis of
yield trials. **Theoretical and Applied Genetics**, New York, v. 76, n. 1, p. 1-10, 1988.
<https://doi.org/10.1007/BF00288824>

GUZMAN, P. S.; ALEJANDRO, F. R. Searching for better white corn genetics for marginal
uplands in the Philippines. Proceedings of the 8th Asian Regional Maize Workshop, Bangkok;
Thailand, **Proceedings**, 2002. p. 156-164.

HOMMA, A. K. O.; NICOLI, C. M. L.; MENEZES, A. J. E. A. de; MATOS, G. B. de;
CARVALHO, J. E. U. de; NOGUEIRA, O. L. **Custo Operacional de Açaizeiro Irrigado no
Nordeste Paraense.** Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2006. 18 p. (Embrapa
Amazônia Oriental. Documentos, 255).

KARIMIZADEH, R.; ASGHARI, A.; CHINIPARDAZ, R.; SOFALIAN, O.; GHAFARI, A.
Determining yield stability and model selection by AMMI method in rain-fed durum wheat
genotypes. **Turkish Journal of Field Crops**, Konak, v. 21, p. 174-183, 2016.
<https://doi.org/10.17557/tjfc.17390>

LAVORANTI, O. J. **Estabilidade e adaptabilidade fenotípica através da reamostragem
“Bootstrap” no modelo AMMI.** 2003. 166f. Tese (Doutorado em Estatística e
Experimentação Agronômica) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”,
Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

MAIA, M. C. C.; RESENDE, M. D. V.; PAIVA, J. R. de; CAVALCANTI, J. J. V.;
BARROS, L. de M. Seleção simultânea para produção, adaptabilidade e estabilidade
genotípicas em clones de cajueiro, via modelos mistos. **Pesquisa Agropecuária Tropical**,
Goiânia, v. 39, n. 1, p. 43-50, 2009. Disponível em:
<https://revistas.ufg.br/pat/article/view/5704>. Acesso em: 28 jul 2025.

MAIA, M. C. C.; ALMEIDA, A. S.; ARAUJO, L. B.; DIAS, C. T. S.; OLIVEIRA, L. C.;
YOKOMIZO, G. K. I.; ROSADO, R. D. S.; CRUZ, C. D.; VASCONCELOS, L. F. L.;
LIMA, P. S. C.; MEDINA-MACEDO, L. Principal component and biplot analysis in the
agro-industrial characteristics of Anacardium spp. **European Scientific Journal**, v.15, p.21-
31, 2019. <https://doi.org/10.19044/esj.2019.v15n30p21>

MALOSETTI, M.; RIBAUT, J.-M.; EEUWIJK, F.A. van. The statistical analysis of multi-
environment data: modeling genotype-by-environment interaction and its genetic basis.
Frontiers in Physiology, Zurich, v. 4, article 44, 2013.
<https://doi.org/10.3389/fphys.2013.00044>

NEVES, L. T. B. C.; CAMPOS, D. C. S.; MENDES, J. K. S.; URNHANI, C. O.; ARAÚJO,
K. G. M. Quality of fruits manually processed of açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) and bacaba
(*Oenocarpus bacaba* Mart.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 37, n. 3, p.
729-738, 2015. <https://doi.org/10.1590/0100-2945-148/14>

NOGUEIRA, A. K. M.; SANTANA, A. C. de Benefícios socioeconômicos da adoção de novas tecnologias no cultivo do açaí no Estado do Pará. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 63, n. 1, p. 1-7, 2016. <https://doi.org/10.1590/0034-737X201663010001>

NOGUEIRA, A. K. M.; SANTANA, S. C. de; GARCIA, W. S. A dinâmica do mercado de açaí fruto no Estado do Pará: de 1994 a 2009. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 60, n. 3, p. 324-331, 2013. <https://doi.org/10.1590/S0034-737X2013000300004>

NUNES, G. H. S.; SANTOS JÚNIOR, H.; GRANGEIRO, L. C.; BEZERRA NETO, F.; DIAS, C. T. S.; DANTAS, M. S. M. Phenotypic stability of hybrids of Gália melon in Rio Grande do Norte state, Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 83, n. 4, p. 1421-1433, 2011. <https://doi.org/10.1590/S0001-37652011005000034>

OLIVEIRA, E. J de; FREITAS, J. P. X. de; JESUS, O. N. de. AMMI analysis of the adaptability and yield stability of yellow passion fruit varieties. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 71, n. 2, p. 139-145, 2014. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162014000200008>

OLIVEIRA, E.J.; GODOY, I.J. Pod yield stability analysis of runner peanut lines using AMMI. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 6, p. 311-317. 2006. Disponível em: <https://cbab.sbmp.org.br/wp-content/uploads/2023/09/9_64310-317688.pdf>. Acesso em: 01 ago 2024.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2025. Disponível em: <<http://www.R-project.org/>>. Acesso em: 01 ago 2025.

RAMOS, L. M.; SANCHES, A.; COTES, J. M. Testes multiambientais na seleção de genótipos de arroz utilizando o modelo de regressão nos sítios ou locais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 1, p. 52-57, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782009000100009>

ROCHA, M. M.; FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; CARVALHO, H. W. L. Adaptabilidade e estabilidade produtiva de genótipos de feijão-caupi de porte semi-ereto na região Nordeste do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 9, p. 1283-1289. 2007. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2007000900010>

SANTOS, J.C.; SENA, A.L.S.; HOMMA, A.K.O. Viabilidade econômica do manejo de açaizais no estuário amazônico do Pará. In: GUIDUCCI, R.C.N.; LIMA FILHO, J.R.; MOTA, M.M. (eds.). **Viabilidade econômica de sistemas de produção agropecuários**. Brasília: Embrapa, 2012. p.351-409. Disponível em: <<http://sigla=ac&tema=extracaovegetal2015>>. Acesso em: 20 abr 2024.

SETHI, K.; TRIPATHY, P.; MOHAPATRA, K. C. Variability and heritability of important quantitative characters in cashew (*Anacardium occidentale* L.). **Environment & Ecology**, Kolkata, v. 34, n. 4, p. 1795-1798. 2016. Disponível em: <<https://www.cabidigitallibrary.org/doi/pdf/10.5555/20163360261>>. Acesso em: 01 ago 2025.

SILVESTRE, W. V. D.; PINHEIRO, H. A.; SOUZA, R. O. R. M.; PALHETA, L. F. Morphological and physiological responses of açaí seedlings subjected to different watering regimes. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 20, n. 4, p. 364-371, 2016. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v20n4p364-371>

SOUSA, P. C.; ANDRADE, V. M. S. Potencialidade na produção de Euterpe oleracea Mart (Açaí) em comunidades tradicionais na Amazônia”, **Revista Contribuciones a las Ciencias Sociales**, Málaga, p.1-13, 2018. Disponível em: <<https://www.eumed.net/rev/ccss/2018/01/produccion-euterpe-amazonia.html>>. Acesso em: 01 ago 2025.

TENKOUANO, A.; BAIYERI, K. P. Adaptation pattern and yield stability of banana and plantain genotypes grown in contrasting agroecologies in Nigeria. **8th African Crop Science Society Conference, El-Minia, Egypt, 27-31 October 2007. Proceedings**, v. 8, p. 337-384, 2007. Disponível em: <https://biblio.iita.org/documents/tenkouano-adaptation_pattern-2007.pdf-035e29bc9358656c953896e82e217d6c.pdf>. Acesso em: 01 ago 2025.

WEATHERSPARK **Condições meteorológicas médias de Mazagão – Brasil**. Disponível em: <<https://pt.weatherspark.com/y/29784/Clima-caracter%C3%ADstico-em-Mazag%C3%A3o-Brasil-durante-o-ano>>. Acesso em: 09 jul 2024.

XIMENES, L. C.; GAMA, J. R. V.; BEZERRA, T. G.; CRUZ, G. S. Importância do açaí na renda mensal da comunidade quilombola Murumuru em Santarém, Pará. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, Aracaju, v. 11, n. 2, p. 36-42, 2020. Disponível em: <<https://sustenere.inf.br/index.php/rica/article/view/CBPC2179-6858.2020.002.0004>>. Acesso em: 01 ago 2025.

YAN, W.; HUNT, L. A.; SHENG, Q.; SZLAVNICS, Z. Cultivar evaluation and Mega-environment investigation based on GGE biplot. **Crop Science**. Madison, v. 40, n. 3, p. 597-605, 2000. <https://doi.org/10.2135/cropsci2000.403597x>

YOKOMIZO, G.K.I.; DIAS, J.S.A.; DIAS, C.T.S.; HONGYU, K. Análise AMMI em caracteres vegetativos de genótipos de bananeiras no Amapá. **Revista de Ciências Agrárias/Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, Belém, v. 59, n. 1, p. 1-8, 2016. <http://dx.doi.org/10.4322/rca.1845>

YUYAMA, K.; VAREJÃO, M. J.; FÁVARO, D. I. T.; VASCONCELLOS, M. B. A.; PIMENTEL, S. A.; CARUSO, M. S. F. Caracterização físico-química do suco de açaí de Euterpe precatoria Mart. oriundo de diferentes ecossistemas amazônicos. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 41, n. 4, p. 545-552, 2011. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672011000400011>