



Efeito da sazonalidade mensal em caracteres de cachos de frutos em progênies de açaizeiro

Gilberto Ken Iti Yokomizo ^{1,*}, Francisco de Oliveira Cruz Júnior ², Kuang Hongyu ³ e João Tomé de Farias Neto ⁴

¹ Embrapa Amapá, Brasil; gilberto.yokomizo@embrapa.br; <https://orcid.org/0000-0002-3790-4981>

² Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Amapá; junior20_oliveira@yahoo.com.br; <https://orcid.org/0000-0003-3059-165X>

³ Universidade Federal do Mato Grosso; kuang_hongyu@hotmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-8320-9074>

⁴ Embrapa Amazônia Oriental; joao.farias@embrapa.br; <https://orcid.org/0000-0002-0404-3556>

* Autor Correspondente: gilberto.yokomizo@embrapa.br

Recebido: 26/05/2025; Aceito: 05/09/2025

Resumo: Mundialmente tem se observado o aumento do consumo da polpa de açaí, necessitando-se pesquisas para geração de novos cultivares para atender esta demanda. Entretanto o comportamento sazonal da espécie é pouco divulgado e o número de progênies nas pesquisas dificulta a interpretação dos resultados em análises gráficas, portanto o objetivo deste trabalho foi combinar a análise multivariada, com agrupamento por dendrograma para posterior análise AMMI nos diferentes meses, para compreender o comportamento de 76 progênies de açaizeiro durante o ano. As progênies foram instaladas em delineamento experimental de blocos ao acaso com duas repetições e cinco plantas por parcela. As características avaliadas foram: FL - Cacho em floração, FV - Formação de Cacho Verde e; TM - tamanho do cacho. As conclusões foram que a combinação entre o agrupamento pelo dendrograma e a análise gráfica AMMI é eficiente e importante num grande quantitativo de progênies; há variabilidade genética pelas evidentes contribuições individuais distintas para a interação GxA e de efeitos ambientais, importante para o melhoramento genético; as progênies com maior destaque nos dois modelos AMMI foram P29, P7, P51, P52 e P5, somando-se pelo dendrograma as progênies P8, P49 e P61; o período mais adequado para identificação das melhores progênies, é a metade final do período chuvoso e a metade inicial do período de estiagem.

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

Effect of Monthly Seasonality on Fruit Bunch Characters in Açaí Progenies

Abstract: Worldwide there has been an increase in the consumption of açaí pulp, requiring research to generate new cultivars to meet this demand. However, the seasonal behavior of the species is little publicized and the number of progenies in the research makes it difficult to interpret the results in graphic analysis, so the objective of this work was to combine multivariate analysis, with grouping by dendrogram for later AMMI analysis in the different months, to understand the behavior of 76 açaí progenies during the year. The progenies were installed in a randomized block design with two replications and five plants per plot. The evaluated characteristics were: FL - Bunch in floration, FV – Green bunch in formation and; TM - cluster size. The conclusions were that the combination between grouping by dendrogram and AMMI graphical analysis is efficient and important in a large number of progenies; there is genetic variability due to the evident distinct individual contributions to the GxA interaction and environmental effects, important for genetic improvement; the progenies with greater prominence in the two AMMI models were P29, P7, P51, P52 and P5, adding the progenies P8, P49 and P61 by the dendrogram; the most suitable period for identifying the best progenies is the final half of the rainy season and the initial half of the dry season.

Key-words: *Euterpe oleracea*; genetic breeding; genotype x environment interaction; principal component analysis.

1. INTRODUÇÃO

O açaizeiro é uma palmeira da família Arecaceae de ocorrência natural na região amazônica, possuindo grande importância econômica para a fruticultura regional, principalmente para o Pará cuja produção, comercialização e consumo de polpa movimentam grandes mercados (NEVES et al., 2015), sendo o suco de açaí um produto símbolo da cultura amazônica (CARVALHO et al., 2021), compondo a base da dieta tradicional e tendo propriedades nutricionais únicas e com potenciais benefícios à saúde (ÂNGULO, 2025).

A obtenção do açaí tem como característica ser eminentemente extrativa, com maior contribuição na renda mensal de muitas pessoas que moram na beira dos rios, sendo executada somente em quatro meses do ano (Junho a Outubro, período da safra) em que há maior disponibilidade de frutos de açaí, levando à população que explora este recurso vegetal de forma extrativa, complementar sua renda mensal com outras atividades na entressafra, gerando uma alta porção ociosa da população (XIMENES et al., 2020, RODRIGUES, 2021, ÂNGULO, 2025).

Após a descoberta das propriedades da polpa de açaí na suplementação vitamínica, antioxidante e energética, houve um reflexo no mercado consumidor estadunidense com um crescimento exponencial. Os principais importadores do Brasil além dos EUA com mais de mais 70% do volume deste comércio, são a Alemanha, Bélgica e Holanda, somando-se Japão e Austrália, entre outros que já estão sendo atraídos pelo fruto do estuário amazônico, porém segundo a CONAB (2020) a entressafra do fruto no Pará, maior estado produtor, ocorre no primeiro semestre, com concentração da colheita de julho a dezembro que dificulta as exportações, pois os compradores exigem constância de volume e oferta permanente. Esse interesse crescente do açaí pelo mercado consumidor, gera a necessidade de se obter uma produção sustentável (CARVALHO et al., 2021).

Segundo Da Silva (2024), o aumento da demanda pelo fruto, ocasionado pelo incremento das exportações, consiste no principal fator da elevação dos preços ao consumidor local, principalmente na entressafra (janeiro a junho) período em que o preço do fruto chega a quadruplicar, mas sem o devido acompanhamento do aumento da produtividade para que haja um equilíbrio de mercado, dado que o açaí se apresenta como uma cultura de mercado com oferta inelástica-preço, devido as oscilações na oferta e demanda nos períodos de safra e entressafra.

Para atender a esta crescente demanda pelo fruto e produtos derivados do açaí, tem surgido intensamente o interesse em se estudar técnicas de manejo e produção do mesmo, conforme cita Coutinho (2017), visando ampliar o período da safra e mudar a forma de exploração da espécie (VIEIRA, 2022), mas adotando-se novas técnicas sem prejudicar a natureza (DA SILVA et al., 2025). Desta forma, deixando de ser estritamente extrativa para se adequar a estruturas produtivas agrícolas em terra firme, que é um caminho de transformação sustentável, cooperando para uma interação agroindustrial com atrativos de investimentos na economia regional (CARVALHO, 2022). Além disso, este cultivo em terra firme teria como objetivo facilitar o manejo e obter produção para a comercialização, porém, muito da exploração continua concentrada em áreas de várzea (GALEÃO, 2017).

Um complicador para as pesquisas de melhoramento genético para selecionar novos materiais para alavancar o cultivo e atender as necessidades eminentes da espécie é o efeito que o ambiente tem sobre o comportamento de um material genético, modificando sua expressão fenotípica. Assim, quanto maior a quantidade de variações nos fatores ambientais há probabilidade maior de diferentes expressões das características vegetativas e reprodutivas nas plantas. Essa manifestação é denominada de interação genótipos versus ambientes (GxA), tornando-se um complicador ao dificultar a seleção e recomendação de genótipos adaptados e estáveis (CRUZ et al., 2014). Baseado nestes aspectos, em geral, os programas de melhoramento genético tentam selecionar materiais com ampla adaptação e estabilidade, sendo, portanto, recomendados para diversos locais (MALOSETTI et al., 2013).

Para a avaliação da interação GxA uma ferramenta que vem sendo utilizada com grande sucesso é a chamada análise AMMI (“Additive Main Effects and Multiplicative Interaction Model”), permitindo a interpretação e compreensão dos diferentes padrões de interação ao caracterizar de forma mais eficaz os fatores genéticos e ambientais envolvidos e, assim, propiciar melhores estimativas das respostas genotípicas nos diferentes ambientes (DUARTE, 2001).

Com os resultados obtidos da análise AMMI pode-se gerar uma representação simultânea individual nos gráficos de cada genótipo e ambiente fornecendo informações sobre a estabilidade e a adaptabilidade de ambos, além de permitir a realização de zoneamento agronômico e a escolha de locais-chave para o processo de avaliação e seleção (LAVORANTI, 2003). Atualmente é amplamente utilizado para detectar genótipos estáveis e especificar a significância da interação GxA (KARIMIZADEH et al., 2016).

Apesar do conhecimento da sazonalidade de produção e a necessidade de se selecionar materiais genéticos com potencial para incrementar a produção de açaí poucos estudos são apresentados sobre o comportamento mensal de progêneres durante o ano, referindo-se a sazonalidade de produção. Portanto o objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho agronômico de uma população de açaizeiros visando identificar o comportamento mensal

dos genótipos, apoiado em uma pré-seleção de progênies por agrupamento pelo dendrograma, devido o número elevado de progênies que impossibilitaria a visualização do comportamento nos gráficos AMMI. Essa junção de metodologias foi necessária para tornar viável a interpretação gráfica neste conjunto muito grande de genótipos em estudo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Esse estudo é parte do programa de melhoramento genético de açaizeiro para produção de frutos no estuário amazônico, conduzido em um plantio de açaizais em área de várzea no Campo Experimental de Mazagão da Embrapa Amapá que possui solo predominante do tipo Gley Pouco Húmico de textura média, drenado e de média a alta fertilidade natural. A área utilizada apresenta topografia plana e cobertura vegetal tipo capoeira. Apresenta tipo climático Ami segundo classificação de Köppen, tropical chuvoso, com temperatura média do mês mais frio (junho) de 22,7°C e do mais quente (setembro) de 32,8°C, com precipitação do mês mais seco (outubro) de 32 mm e do mais chuvoso (março) de 365 mm. O regime climático anual apresenta precipitação total de 2410 mm, com concentração entre os meses de janeiro e junho, temperatura média anual de 27°C e umidade relativa média do ar de 85% (CLIMATE-DATA.ORG, 2024). Porém especificamente para as médias de cada mês os dados 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) em Mazagão, AP, média histórica entre 1980 e 2016.

	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

Adaptado de: WEATHERSPARK (2024)

O material genético utilizado na área é composto de uma população originada de sementes coletadas de 76 matrizes selecionadas em açaizais nativos da região oeste da Ilha de Marajó (safra de inverno). O delineamento experimental adotado foi de blocos ao acaso com duas repetições e cada parcela representada por cinco plantas, plantadas no espaçamento de 4 x 5m. O número reduzido de repetições se deve a quantidade de progênies e a área total do experimento.

As avaliações foram realizadas mensalmente no período de 2009 a 2013 por meio dos descritores, sendo: FL - Cacho com inflorescência em floração: contagem de cachos que apresentam inflorescência em floração por estipe; FV - Formação de Cacho Verde: contagem de cachos que apresentam cachos verdes por estipe; TM - Tamanho do Cacho: valor atribuído a avaliação visual dos cachos: onde 1 é atribuído aos menores valores, e 7 para os maiores.

Com a finalidade de facilitar a compreensão do comportamento das progênies em relação aos três caracteres simultaneamente foi realizada uma análise multivariada, pois na interpretação para a seleção o desejado é compreender o desempenho não para cada característica individualmente, mas sim como cada progénie se comporta em relação a todas as características avaliadas.

Um dos problemas existentes em análises gráficas é quando são utilizados quantitativos de progênies que impossibilita a interpretação dos resultados, causando um aglomerado que impede a distinção dos materiais genéticos, portanto decidiu-se realizar preliminarmente o agrupamento das progênies pelo dendrograma, selecionando-se cerca de 50% destas. Essa redução das progênies permite o uso na análise AMMI, com posterior vinculação dos melhores materiais aos que compuseram os mesmos grupos no dendrograma. Essa junção de metodologias, dendrograma e AMMI, representa um grande facilitador para o uso do AMMI envolvendo um número elevado de indivíduos a serem plotados nos gráficos.

A análise de agrupamento foi realizada, adotando-se a distância generalizada de Mahalanobis (D2) como medida de dissimilaridade, por considerar a correlação entre os caracteres avaliados, segundo Cruz et al. (2014). Com base na matriz de dissimilaridade gerada, foi elaborado dendrograma pelo método de UPGMA (Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean) cujo critério utilizado para a formação dos grupos é a média das distâncias entre todos os pares de itens que formam cada grupo.

O tratamento estatístico dos dados, incluindo-se análises de variância individuais e conjunta, considerando-se os meses de avaliações de 2009 a 2013, bem como a análise de estabilidade e adaptabilidade via modelo AMMI,

sendo realizado utilizando-se os procedimentos do pacote Agricolae, versão 1.3-7 do programa R (DE MENDIBURU, 2023).

A análise AMMI, descrita detalhadamente em Duarte e Vencovsky (1999), baseia-se no seguinte modelo:

$$Y_{ij} = \mu + g_i + a_j + \sum_{k=1}^n \lambda_k \gamma_{ik} \alpha_{jk} + \rho_{ij} + \bar{\varepsilon}_{ij}$$

em que: Y_{ij} é a resposta média das repetições da i -ésima progênies ($i = 1, 2, 3, \dots, g$) 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 progênies “ 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 $GEgxa = \{(ga)_{ij}\}$, que expressam e capturam o “padrão” associado à interação da progênies “ 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. $\sim N(0, \sigma^2)$.

Assim, a análise AMMI é realizada em duas etapas sequenciais: 1a) os efeitos principais, na parte aditiva do modelo (média geral, efeitos de progênies e meses), são ajustados por análise de variância (ANOVA), resultando em um resíduo de não aditividade: $(\hat{g})_{ij} = Y_{ij} - \bar{Y}_i - \bar{Y}_j + \bar{Y}_{..}$, isto é, nas estimativas de quadrados mínimos ordinários de $(ga)_{ij}$; 2a) a interação (parte multiplicativa do modelo) é ajustada mediante DVS ou ACP aplicada à matriz $GEgxa = \{(\hat{g})_{ij}\}$, resultando numa porção denominada “padrão” (a interação propriamente dita – interação AMMI), e noutra de “ruído”, a ser descartada juntamente com o resíduo ANOVA.

Para definição do número de eixos principais a serem retidos a fim de explicar e representar graficamente o padrão relacionado à interação foram adotados os critérios utilizados por Gauch e Zobel (1988), levando-se em consideração a proporção da soma de quadrados da interação original (SQ_{GxA}) acumulada até o n -ésimo eixo: $\sum_{k=1}^n \lambda_k^2 / SQ_{GxA}$.

Dessa forma, o ponto de parada que determina a seleção do modelo na família de modelos AMMI (AMMI0, AMMI1, AMMIn), foi obtido com base na significância dos testes F_{Gollob} , para os sucessivos termos de interação, sendo obtido pela significância de cada componente relacionado ao QM erro médio dos eixos PC a serem retidos no modelo.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando que a avaliação foi realizada com o quantitativo de 76 progênies, número que dificulta a visualização da distribuição e, por conseguinte, a compreensão de seus comportamentos nos gráficos AMMI, adotou-se como procedimento preliminar a formação de agrupamentos pelo dendrograma, com base nas mudanças acentuadas de níveis (CRUZ et al., 2014), com cada agrupamento contendo progênies similares, permitindo desta forma utilizar apenas uma destas para a geração dos Biplots AMMI, cujo comportamento pode ser expandido posteriormente as demais progênies dentro do mesmo agrupamento que não foram utilizadas para a geração dos gráficos. O limite adotado para a formação de grupos neste trabalho foi de 0,269 de dissimilaridade, pois delimitou grupos que permitiu a escolha de 36 progênies para utilização no estudo gráfico (Figura 1).

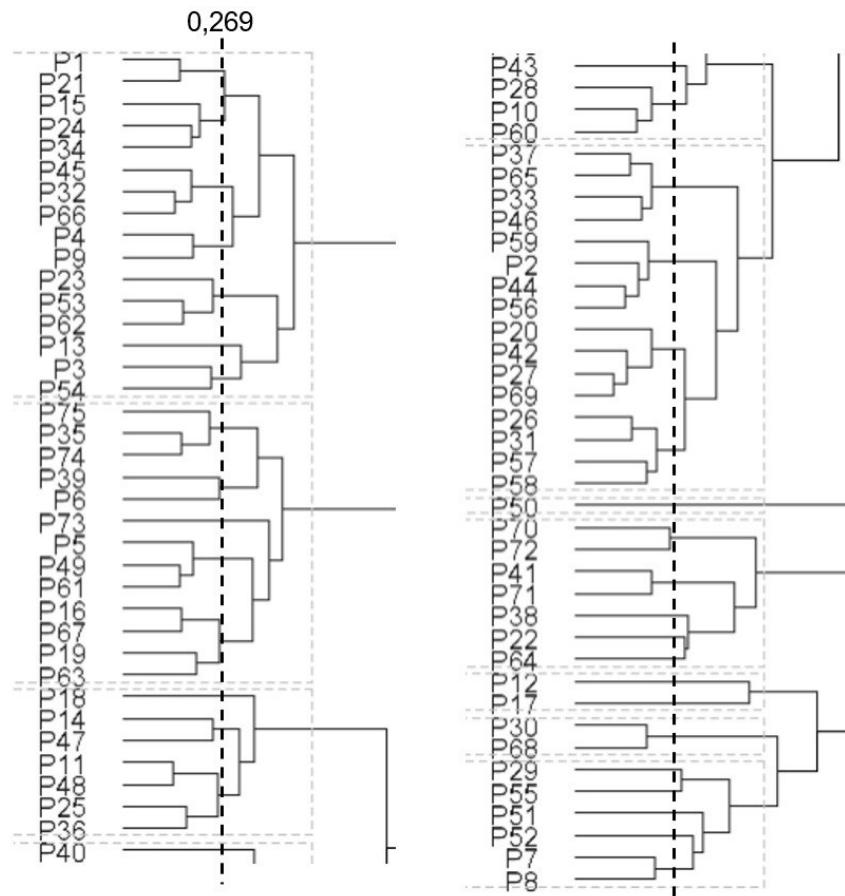


Figura 1. Dendrograma usando o método de Ligação Média entre Grupos (UPGMA) envolvendo 76 progênies de açaizeiro com base em três características morfológicas.

A análise de variância, contendo a decomposição da interação GxA, para os meses e progênies de açaizeiros selecionadas pelo dendrograma, revelou diferenças significativas tanto entre progênies como na interação genótipos com ambientes (meses), por conseguinte, apresentando respostas diferenciadas perante os efeitos ambientais, comportamento semelhante ao observado por Aliyu et al. (2014) e Yokomizo et al. (2022). Também se constata que houve a presença de variabilidade genética, indicativo da expressão diferenciada entre as avaliações. Adicionalmente um aspecto a ser citado é que os meses de teste também foram consideravelmente discrepantes na expressão das características (Tabela 2). A explicação para este comportamento é apresentada por Aliyu (2012) que afirmam a existência de indícios da presença de uma base genética suficiente (fonte de introdução diferencial, nível de domesticação e melhoria) e de polinização livre (meios irmãos) sendo responsáveis para a variabilidade genética e diferentes interações GxA.

Os efeitos não controláveis associados aos diferentes meses, representando 37,90% dos efeitos totais, foram superiores a variação genética (progênies). Os componentes genéticos provenientes das diferentes progênies e a interação GxA apresentaram contribuições para a variação observada, com valores de 22,76% e 29,24%, representando soma próxima a 52% é promissor por ser indício de uma base genética suficiente para se obter progênies superiores de açaizeiros para as condições deste experimento, no mesmo sentido dos resultados de Aliyu et al. (2014), cuja contribuição genética foi maior, explicada por estes autores pelo fato do uso de material oriundo de cruzamentos livres, onde o rendimento dentro de diferentes ambientes necessita do desenvolvimento de fenótipos (variedades) com adaptação específica baseado na contribuição genética, acontecendo o mesmo com as progênies de açaizeiros e dissimilar ao apresentado por Oliveira et al. (2014) em maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*). Os resultados aqui sinalizam que a maior parte da variação é explicada pela genética das progênies, ou seja, a parte herdável e pela interação GxA, contudo o efeito dos meses é importante e com certeza contribui na manifestação fenotípica principalmente na interação, diferindo um pouco do encontrado por Yokomizo et al. (2022) com contribuições genéticas um pouco menores.

Tabela 2. Resumo da análise de variância e quadrados médios associados ao desdobramento do efeito de interação GxA para três características¹ em conjunto em progênies (PR) de açaizeiros no Amapá.

Fator	GL	QM	PQM%
Mês (A)	11	38,786*	37,90
Rep	12	9,472**	10,10
Progênie (G)	35	7,322**	22,76
GxA	385	0,855**	29,24
resíduo	37470	0,233	
CV		35,38663	
Média		1,363167	

**, * e ns, significativos a 1% e 5% e não significativo pelo teste F, respectivamente.

PQM%: porcentagem representativa na contribuição dos quadrados médios.

A interação GxA original (resíduo de não aditividade), com a significância estatística permitiu a decomposição da interação GxA, para as diferentes progênies de açaizeiros e entre os meses do ano e, com isso realizar a análise AMMI nestas características em conjunto, com a representação dos eixos PCs. Na análise AMMI (Tabela 3) o primeiro eixo principal gerado (PC1), que contém a maior porcentagem do padrão associado à interação GxA para as características em estudo, compreendeu 49,9% da SQ_{GxA}, abaixo da variação em PC1 também obtido por Aliyu et al. (2014), mas muito próximo do observado por Yokomizo et al. (2022) em caracteres distintos, mas também associados a açaizeiros.

Tabela 3. Porcentagens da soma de quadrados total (SQ_{GxA}) associada a cada eixo principal, individualmente (pi) e acumulada (pa) e significância dos quadrados médios, estimados pela análise AMMI para três características¹ em progênies de açaizeiros.

	pi%	pa%	QM
PC1	49,9	49,9	0,090**
PC2	28,1	78,0	0,053*
PC3	7,8	85,8	0,015 ^{ns}
PC4	4,9	90,7	0,010 ^{ns}

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

Pelo teste F para as características FAB, FLF e TM foram significativos os eixos PC1 e PC2, que conseguiram explicar a parte padrão da interação GxA, similar ao obtido por Yokomizo et al. (2022) também em açaizeiros, mas em diferentes caracteres. Os demais eixos possivelmente constituídos em grande parte por ruídos, que iriam produzir resultados distorcidos em relação à realidade. Assim a análise foi realizada considerando o biplot com o modelo AMMI2, pois juntos os dois primeiros termos explicaram 78% da totalidade da SQ_{GxA}, sendo suficientes para se explicar o comportamento genético das progênies. Este resultado indica que um modelo relativamente simples (com poucos termos multiplicativos) pode apresentar boa capacidade preditiva para o comportamento diferencial das progênies, nos meses avaliados.

Comportamento dentro do que é tido como o “padrão” associado à interação, onde poucos eixos são significativos, conseguindo capturar a variação em quase sua totalidade, estando próximo do citado em outros trabalhos, encontrando-se variações, como na cultura da bananeira por Tenkouano e Baiyeri (2007) e em melão Gália para produtividade por Nunes et al. (2011) onde apenas 1 eixo foi suficiente. Dois eixos em Aliyu et al. (2014). No trabalho de Oliveira et al. (2014) os dois primeiros eixos explicaram 81,2% da SQ da interação, mas 3 foram significativos. Já para Aliyu et al. (2014) em caju (*Anacardium occidentale* L.), para Yokomizo et al. (2016) em bananeiras (*Musa* spp.) para produtividade, e para Yokomizo et al. (2022) em açaizeiros envolvendo caracteres distintos, dois eixos (PC1 e PC2), explicaram a totalidade da SQ da interação, similar ao aqui obtido.

Após a análise estatística realiza-se a plotagem gráfica, onde as progênies ou meses cujos pontos se situam mais próximos à origem do eixo PC1 no modelo AMMI1 são considerados mais estáveis (DUARTE; VENCOVSKY, 1999; GUZMAN & ALEJANDRO, 2002; LAVORANTI, 2003) e no modelo AMMI2 são os pontos mais próximos da origem de ambos os eixos. Assim, nos gráficos do modelo AMMI1 apresentados na Figura

2 e, AMMI2 na Figura 3, as progênies apresentaram relativa dispersão, indicativo da presença de interação com os meses (adaptações específicas). No biplot AMMI1 (médias vs. PC1) na Figura 2, as progênies mais estáveis, isto é, com menor contribuição para a interação GxA captada pelo primeiro eixo principal (PC1), mas com contribuições positivas para as médias, foram P29, P30, P7, P55, P17, P51, P52 e P5, portanto, estes podem ser considerados amplamente adaptadas aos meses agrícolas de avaliação, haja vista a pequena interação GxA que manifestaram em suas respostas fenotípicas, ressaltando que P29 com contribuição positiva e alta estabilidade aparente é uma progénie que se destacou, seguida por P30 e P7. Para especificidade entre meses e progênies destacaram-se, P26 para mês 10, P40 para mês 12, P50 para os meses 4, 5 e 6, P73, P64 e P22 para o mês 3, adaptados a determinados meses de avaliação. Assim como em Nunes et al. (2011) para melão Gália, em maracujá-amarelo para Oliveira et al. (2014), para Yokomizo et al. (2016) em bananeiras e Yokomizo et al. (2022) em açaizeiros, onde foram observados genótipos mais estáveis e aqueles com melhor adaptabilidade específica, mais próximos do eixo PC1, observando-se também a presença daqueles com comportamento intermediário e os instáveis também.

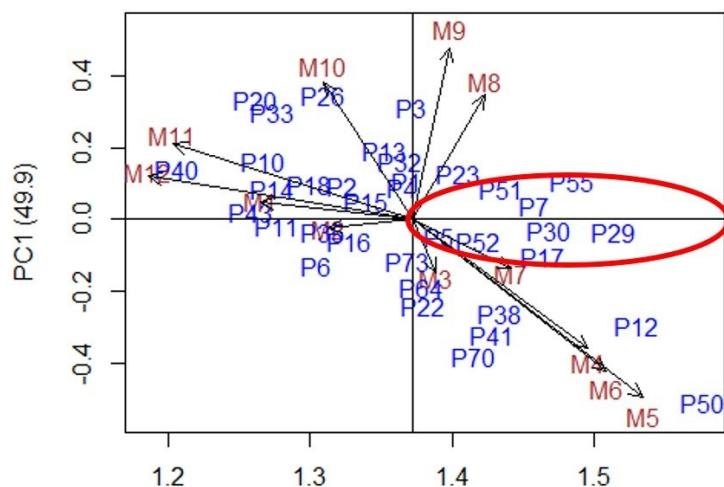


Figura 2. Biplot AMMI1, Médias (x) vs PC1 (y), com os ambientes correspondentes à meses e progênies, para multivariada de três características em 36 progênies em açaizeiros. Meses identificados numericamente e progênies identificadas como P seguido de número.

Convém citar que as duas mais produtivas (P12 e P50) tiveram contribuições significativas da interação GxA, assim como também foi detectado por Aliyu et al. (2014) e muito similar para Yokomizo et al. (2022), diferindo do citado por Maia et al. (2009) onde os mais produtivos não sofreram influência significativa do ambiente.

No biplot AMMI2 (Figura 3), de modo geral, pôde-se ratificar o comportamento genotípico observado na análise anterior, havendo cinco e dessa forma havendo a confirmação de estabilidade antes observada no modelo AMMI1, portanto nesta característica o ponto de corte do PC1, *per se* foi suficiente para que se possa inferir sobre a previsibilidade quanto ao comportamento, por tratar-se de variáveis que possivelmente sofreram baixa influência ambiental que gerariam diferentes valores na interação GxA. A informação capturada pelo segundo eixo (PC2) com certeza foi útil e fundamental para corrigir possíveis distorções na análise ou na interpretação produzida sob uma única dimensão. Portanto, confirma-se o comportamento estável (baixa contribuição para interação GxA) e a ampla adaptabilidade das progênies mantendo coincidências nas identificadas como P29, P7, P51, P52 e P5, enquanto as demais três progênies antes estáveis, revelaram agora contribuição para a interação GxA capturada no segundo eixo principal, o que contraria sua estabilidade inicial. A estabilidade é importante para avaliar a confiabilidade da classificação dos genótipos em um determinado ambiente em relação à média geral dos ambientes, conforme afirmam Rocha et al. (2007).

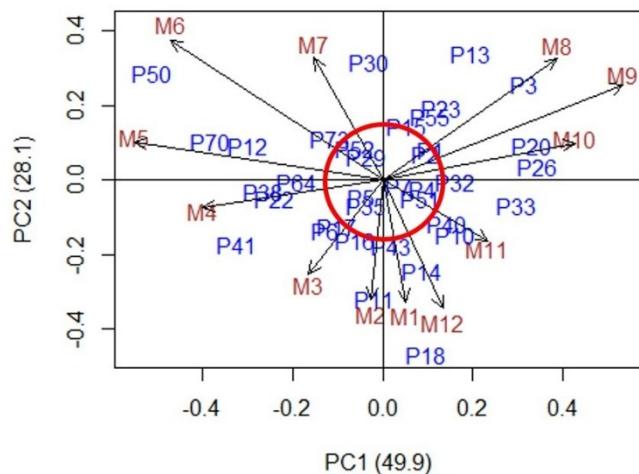


Figura 3. Biplot AMMI2, PC1 (x) vs PC2 (y), com os ambientes correspondentes à meses, para multivariada de três características em 36 progênies selecionadas pelo dendrograma em açaizeiros. Meses identificados numericamente e progênies identificadas como P seguido de número.

No processo de agregação da informação do segundo eixo, existem progênies que apresentaram contribuições relevantes para a interação GxA nos dois eixos e mostraram adaptabilidade específica a determinados meses, contudo no modelo AMMI2 houve correção destas adaptabilidades específicas, porém este comportamento de interação de forma mais intensa em determinadas progênies a determinados ambientes também é algo comum e já citado no trabalho de Aliyu et al. (2014) e observado por Yokomizo et al. (2022). Adicionalmente pode se afirmar que nenhum genótipo conseguiu simultaneamente se adaptar a todas as condições ambientais, aspecto igualmente obtido por Aliyu et al. (2014) e Yokomizo et al. (2022).

Interações negativas ou positivas das progênies com determinados meses também são ratificadas no biplot AMMI2. É possível confirmar, por exemplo, a existência de baixa adaptação a determinados meses, que puderam ser notados na análise AMMI1 e confirmados em AMMI2. Isso ocorreu porque tais progênies tiveram escores de interação de elevada magnitude nos dois eixos (instabilidade), estando distantes da origem dos eixos e, distribuíram-se em quadrantes distintos nos meses (Figura 3). Os comportamentos coincidentes nos dois gráficos, conforme já reportado, indicam que o primeiro eixo conseguiu capturar a parcela mais importante do padrão da interação GxA para as características em estudo, essa distribuição é semelhante ao comportamento citado por Sethi et al. (2016) e Yokomizo et al. (2022), porém difere parcialmente de Oliveira et al. (2014) que no modelo AMMI2 teve a confirmação do comportamento de somente alguns genótipos, sendo estáveis apenas em AMMI1, mostrando que neste caso específico o modelo AMMI1 não é suficiente.

Neste conjunto de características os efeitos de meses em relação ao das progênies, apresentou que nem todos os meses contribuíram mais para a interação GxA nas características, existindo progênies com contribuições superiores a alguns meses. Isso pode ser constatado pela dispersão dos pontos ou vetores associados aos meses e progênies. Essa tendência corrobora os resultados vistos por Yokomizo et al. (2022) e diverge do que pode ser observada reiteradas vezes em outras pesquisas com espécies vegetais diferente, como no trabalho de Nunes et al. (2011), Oliveira et al. (2014) e Yokomizo et al. (2016). O que justifica segundo Aliyu et al. (2014) a condução de estudos que identifiquem fatores ambientais específicos envolvidos na manifestação desse tipo de interação nos diferentes meses de avaliação.

Adicionalmente Oliveira e Godoy (2006) sugerem que os ambientes (meses) com baixos escores de IPC (alta estabilidade) são de interesse como locais para a seleção de genótipos nas primeiras etapas de melhoramento, pois há pouca quantidade de sementes ou material de propagação, limitando a extensão dos testes para vários ambientes, baseado neste aspecto, somente as condições intrínsecas dos meses mais chuvosos (M1, M2, M3) foram mais promissoras (Figura 2 e 3) para a seleção inicial.

Os meses foram contrastantes na análise AMMI2 (Figura 3), situando-se em quadrantes distintos, sendo indicativo de que os fatores causadores de distinção entre os meses foram determinantes na interação associada ao primeiro eixo principal, sendo provável que essa contribuição seja decorrente das diferenças climáticas e de manejo

associado ao estádio fenológico das plantas de açaizeiro. Sendo similar ao observado por Yokomizo et al. (2022) e diferindo do que é citado por Aliyu et al. (2014) onde houve a tendência de serem mais semelhantes entre si.

Com os resultados observados nas Tabelas e Figuras, devido à dispersão das progênies e a ausência de adaptabilidade específica em geral, há indicativo da necessidade de desenvolvimento de uma tecnologia de produção eficiente integrada adaptada para as peculiaridades fisiológicas e ecológicas da espécie. Semelhantemente ao citado por Aliyu et al. (2014) de que há a exigência de tecnologias adaptadas para ótima resposta da planta para as especificidades de cada ambiente, além do desenvolvimento de diferentes genótipos de açaizeiros.

4. CONCLUSÕES

Na quantidade avaliada de progênies a combinação entre o agrupamento pelo dendrograma e a análise gráfica AMMI torna-se extremamente eficiente para a análise de estabilidade e adaptabilidade, além de permitir a visualização do comportamento das progênies;

Há evidente variabilidade genética, pois existem progênies com contribuições individuais distintas para a interação GxG, assim como também os efeitos ambientais, importante para o melhoramento genético;

As progênies com maior destaque para estabilidade e adaptabilidade foram P29, P30, P7, P55, P17, P51, P52 e P5, somando-se com o modelo AMMI2 ratifica-se a superioridade de P29, P7, P51, P52 e P5. Expandindo-se com o uso do dendrograma para as progênies P8, P49 e P61.

O diferente comportamento entre meses das progênies mostra em qual período se torna mais adequado a identificação das melhores progênies, sendo na metade final do período chuvoso e metade inicial do período de estiagem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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.
- 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**, v.2, n.4, p.354-369, 2014.
- ÂNGULO, J.L.G. Análise de viabilidade econômica do cultivo irrigado do açaizeiro (*Euterpe oleracea*) em uma propriedade familiar no município de Cantá-RR. **Revista Políticas Públicas & Cidades**, v. 14, n. 3, p. e2014, 2025.
- CARVALHO, L.M.G.D. **Cadeia produtiva do açaí e aspectos socioeconômicos dos batedores no município de Laranjal do Jari AP**. 2022. Disponível em: <<https://repositorio.ifap.edu.br/jspui/handle/prefix/738>>. Acesso em: 03 mar 2025.
- CARVALHO, R.C.; ALVES, L.F.N.; CARNEIRO, R.V. Forest restoration in the flo-odplains of the amazon estuary subjected to intensive açaí management. **Ambiente & Sociedade**, v. 24, p. 1-22, 2021.
- CLIMATE-DATA.ORG Clima Mazagão. Disponível em: <<https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/amapa/mazagao-33758/#climate-graph>>. Acesso em: 11 jan 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 jul 2024.
- 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.
- DA SILVA, B.F.; REDIG, M.S.F. A alta valorização do açaí na entressafra no município de Cametá (tendo ênfase no interior de Cametá no quarto distrito). **Revista Contemporânea**, v. 4, n. 9, p. e5679, 2024.
- DA SILVA, D.F.; REDIG, M.S.F. A produtividade do açaí na comunidade ribeirinha de Paruru de Janua Coele, no período da safra. **Lumen et Virtus**, v. 16, n. 48, p. 4846-4866, 2025.
- DE MENDIBURU, F. **Package ‘agricolae’: Statistical Procedures for Agricultural Research. R package version 1.3-7**. Vienna, Austria: The R Foundation for Statistical Computing, 2023. Disponível em: <<https://cran.r-project.org/web/packages/agricolae/agricolae.pdf>>. Acesso em: 03 mar 2025.
- 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.; VENCOVSKY, R. **Interação genótipos x ambientes: uma introdução à análise AMMI**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1999. 60p.
- 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 2024.
- GAUCH, H.G.; ZOBEL, R.W. Predictive and postdictive success of statistical analysis of yield trials. **Theoretical and Applied Genetics**, 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, 2002. p. 156-164.
- KARIMIZADEH, R.; ASGHARI, A.; CHINIPARDAZ, R.; SOFALIAN, O.; GHAFFARII, A. Determining yield stability and model selection by AMMI method in rain-fed durum wheat genotypes. **Turkish Journal of Field Crops**, v.21, p.174-183, 2016.
- 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**, v. 39, n. 1, p. 43-50, 2009
- MALOSETTI, M.; RIBAUT, J.-M.; EEUWIJK, F.A. van. The statistical analysis of multi-environment data: modeling genotypeby-environment interaction and its genetic basis. **Frontiers in Physiology**, v.4, article 44, 2013. DOI: 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**, v. 37, n. 3, p. 729-738, 2015.
- NOGUEIRA, A.K.M.; SANTANA, A.C. de. Benefícios socioeconômicos da adoção de novas tecnologias no cultivo do açaí no Estado do Pará. **Ceres**, v. 63, n. 1, 2016.
- 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**, v. 60, n.3, p. 324-331, 2013.
- 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**, v. 83, n. 4, p. 1421-1433, 2011.
- 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**, v. 71, n. 2, p. 139-145, 2014.
- OLIVEIRA, E.J.; GODOY, I.J. Pod yield stability analysis of runner peanut lines using AMMI. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.6, p. 311-317. 2006.
- 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-creto na região Nordeste do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p. 1283-1289. 2007.
- RODRIGUES, R.P. **Tem coisa melhor que vender açaí?: Os passos e percalços na expansão dos açaizais na várzea do Baixo Tocantins**. 104p. 2021. (Dissertação do Programa de Pós-Graduação em Agriculturas Amazônicas). Universidade Federal do Pará.
- SETHI, K.; TRIPATHY, P.; MOHAPATRA, K.C. Variability and heritability of important quantitative characters in cashew (*Anacardium occidentale* L.). **Environment & Ecology**, v.34, n.4, p.1795-1798. 2016
- 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.
- 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.
- VIEIRA, A.C.B. **A sociobiodiversidade na cadeia produtiva do Açaí Juçara no núcleo litoral solidário da rede Ecovida de agroecologia**. 66p. 2022. (TCC do Curso de Desenvolvimento Rural). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/handle/10183/254659>>. Acesso em: 03 mar 2025.
- 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**, v.11, n.2, p.36-42, 2020.

YOKOMIZO, G.K.I.; CRUZ JÚNIOR, F. de O.; HONGYU, K.; FARIAS NETO, J.T. de. Comportamento mensal em progêneres de açaizeiro pelo uso combinado de dendrograma e ammi. **Revista Arquivos Científicos (IMMES)**, v. 5, n. 1, p. 108–116, 2022. Disponível em: <<https://arqcientificosimmes.emnuvens.com.br/abi/article/view/543>>. Acesso em: 03 mar 2025.

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. **Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 59, n. 1, p. 1-8, 2016. <http://dx.doi.org/10.4322/rca.1845>.