

---

# DESEMPENHO MENSAL DE PROGÊNIES DE AÇAIZEIRO UTILIZANDO DENDROGRAMA E GGE BIPLLOT

## MONTHLY PERFORMANCE OF AÇAÍ PROGENIES USING DENDROGRAM AND GGE BIPLLOT

Gilberto Ken Iti Yokomizo<sup>1\*</sup>, Francisco de Oliveira Cruz Júnior<sup>2</sup>, Kuang Hongyu<sup>3</sup>, João Tomé de Farias Neto<sup>4</sup>

1 Doutor, Genética e Melhoramento de Plantas, Embrapa Amapá. Email: gilberto.yokomizo@embrapa.br; contato: (96) 99117-1532

2 Doutor, Biodiversidade e Biotecnologia, IEPA (Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Amapá). Email: junior20\_oliveira@yahoo.com.br

3 Doutor, Estatística e Experimentação, Universidade Federal do Mato Grosso, Departamento de Estatística. Email: kuang\_hongyu@hotmail.com

4 Doutor, Genética e Melhoramento de Plantas, Embrapa Amazônia Oriental. Email: joao.farias@embrapa.br

\*autor correspondente

---

**Resumo:** O mercado nacional e internacional tem aumentado o consumo da polpa do fruto do açaizeiro devido à descoberta de suas propriedades nutraceuticas, demandando pesquisas para atender este crescimento e contornar o problema da produção sazonal, adicionalmente o quantitativo de progênies impede a correta interpretação das análises gráficas, portanto este trabalho teve como objetivo avaliar 76 progênies de açaizeiro visando identificar aos com desempenho superior e o comportamento sazonal, combinando análise multivariada, agrupamento por dendrograma e análise GGE Biplot. O delineamento experimental adotado foi blocos ao acaso com duas repetições e cinco plantas por parcela. As características avaliadas foram: FF - número de cachos com frutos verdes; FM – número cachos maduros e; TM - tamanho do cacho. As conclusões foram de que a combinação das análises mostra-se necessária, importante e eficiente para permitir interpretar os resultados; a melhor progênie é P50, seguida por P68, P12, P30, P29 e P70, em ordem de desempenho, somando-se pelo dendrograma as progênies P52 e P55; existe variabilidade genética pelas evidentes contribuições individuais distintas para a interação GxA, assim como também dos meses, que devem ser melhor conhecidos para orientar o melhoramento genético; junho representa todos os demais meses, devendo ser este adotado quando na impossibilidade de avaliações em mais meses; os quatro últimos meses do período chuvoso (março e junho) e os dois primeiros meses de estiagem (julho e agosto), devem ser priorizados nas avaliações por permitir maior diferenciação entre as progênies.

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

---

**Abstract:** The national and international market has increased the consumption of the pulp of the açai fruit due to the discovery of its nutraceutical properties, demanding research to meet this growth and circumvent the problem of seasonal production, in addition the quantity of progenies prevents the correct interpretation of the graphic analyzes, therefore, this study aimed to evaluate 76 açai tree progenies in order to identify those with superior performance and seasonal behavior, combining multivariate analysis, grouping by dendrogram and GGE Biplot analysis. The experimental design adopted was randomized blocks with two replications and five plants per plot. The evaluated characteristics were: FF - bunches number with green fruits; FM - mature bunches number and; TM - cluster size. The conclusions were that the combination of the analyzes proves to be necessary, important and efficient to allow the results to be interpreted; the best progeny is P50, followed by P68, P12, P30, P29 and P70, in order of performance, adding the progenies P52 and P55 by the dendrogram; there is genetic variability due to the individual contributions to the GxA interaction, as well as the months, which should be better known to guide genetic improvement; June represents all other months, which should be adopted when it is impossible to evaluate in more months; the last four months of the rainy season (March and June) and the first two months of drought (July and August), should be prioritized in the evaluations as it allows greater differentiation between the progenies.

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

---

Recebido: 12/2023, Publicado: 12/2024 - ISSN: 2358-260X - DOI: 10.37951/2358-260X.2024v12i2.7277

---

## INTRODUÇÃO

Existe uma palmeira com destacada importância econômica na região amazônica, denominada de açazeiro e pertencente à família *Arecaceae*, compondo parcela importante da fruticultura regional, principalmente do Pará onde há, além da produção e consumo, de grande movimentação de comércio local (Neves et al., 2015), tendo-se a polpa extraída do fruto do açazeiro como uma imagem símbolo deste Estado e correspondendo ao principal produto coletado desta palmeira (Silvestre et al., 2016).

O açaí possui um proeminente potencial agrônomo, tecnológico, nutricional e econômico (Yuyama et al., 2011) na região amazônica. Onde a atividade realizada de forma extrativa constitui importante fração na renda mensal de parcela significativa das famílias que habitam na beira dos rios, ocorrendo apenas numa época sazonal denominada de safra em quatro meses do ano (Junho a Outubro) em que há abundância de frutos de açaí, enquanto que na entressafra, a população que vive na exploração extrativa deste importante recurso vegetal, tem que buscar alternativas nem sempre disponíveis para complementar sua renda mensal, ocasionando problemas sociais graves pela presença de uma grande parcela ociosa da população (Ximenes et al., 2020).

Esse mercado do fruto de açaí vem sofrendo um impacto crescente nas exportações devido a evidência das propriedades positivas da polpa de açaí na suplementação vitamínica, efeito antioxidante e fonte energética, principalmente no mercado estadunidense cujo consumo vem experimentando crescimentos exponenciais. Além dos EUA que importa mais de mais 70% da produção comercializada, tem-se a Alemanha, a Bélgica e a Holanda, juntando-se mais recentemente os Países Baixos, o Japão, a Austrália, entre outros, cada vez mais interessados por este fruto obtido no estuário amazônico. Mas um dos entraves para a consolidação dos contratos de importação, conforme cita a Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB

(2020) é a existência da entressafra do fruto, que é no primeiro semestre e safras concentradas entre julho a dezembro, pois os países que compram o produto exigem que durante o ano haja disponibilidade constante.

Um reflexo para o consumidor no norte do país, conforme afirmam Nogueira et al. (2013) e Nogueira e Santana (2016), pelo aumento das exportações é a aumento do preço do litro ao consumidor local, principalmente quando há pouca quantidade disponível no período da entressafra (janeiro a junho), momento que o preço do fruto pode chegar a quadruplicar, sem que exista manutenção ou maior produção, visando manter o equilíbrio de mercado, ainda mais que o açaí é um produto que se caracteriza por ser de oferta inelástica a preço, ou seja, o valor comercial tende a oscilar muito mais do que a oferta do produto, e isso gera problemas na segurança alimentar na região norte do Brasil, já que a polpa do açaí é importante componente da dieta alimentar local.

Por causa destes aspectos de crescente exportação, demanda alimentar pela polpa do fruto e produtos derivados do açaí, pesquisas em grande intensidade estão sendo desenvolvidas para desenvolver técnicas de manejo e formas de produção, conforme cita Coutinho (2017), para que haja ampliação do período da safra. Uma das possíveis soluções adotada por Farias Neto et al. (2011) é o uso de irrigação e de adubação, associado ao plantio em terra firme para gerar melhor distribuição da safra ao longo do ano e então diminuindo o período da entressafra. Além disso, o cultivo fora das várzeas facilita o manejo, pelas melhores condições de solo e umidade disponibilizados ao produtor, apesar das vantagens, a exploração em quase sua totalidade ainda continua em locais de terra baixa e extrativa (Galeão, 2017). O estado do Pará é o principal produtor nacional, possuindo enormes populações naturais de em área total e também em diversas ilhas com grande produção. Na região nordeste deste Estado observam-se mudanças gradativas nos aspectos da produção, visando diminuir a

exploração extrativa de baixa tecnologia com pouca produção para o aumento de sistema com índices superiores de produtividade, reflexo do uso do manejo e também de irrigação em locais de terra firme (Homma et al., 2006; Farias Neto et al., 2011).

A adoção deste novo modelo é bastante promissora ao se comparar um sistema extrativo em área de várzea de baixa produtividade (4,2 t.ha<sup>-1</sup>) e dos sistemas com adoção de manejo (8,4 t.ha<sup>-1</sup>) em comparação aos cultivos irrigados em terra firme que podem atingir 15 t.ha<sup>-1</sup>, podendo aumentar conforme novos avanços tecnológicos sejam desenvolvidos (Santos et al., 2012). Adicionalmente, a adoção de diferentes metodologias de produção também mostram efeitos sobre a época da safra de frutos do açaizeiro, como afirmam Sousa e Andrade (2018) onde o açaí manejado teve menor produção em janeiro, com a safra começando em março e em crescente até atingir o máximo em agosto, apresentando a entressafra ente setembro e outubro. Enquanto que quando não se utiliza manejo à safra iniciou em junho com máximo em julho e final em agosto, ou seja, diferentes sistemas de cultivo a serem desenvolvidos pode gerar alteração no período de safra.

Um dificultador existente nas pesquisas de melhoramento genético para se identificar novos materiais que possam aumentar a produtividade é o efeito que fatores ambientais têm sobre o comportamento das plantas, gerando expressões fenotípicas indefinidas. Desta forma, sempre que existir um quantitativo maior de variações dentre os fatores ambientais haverá possivelmente também mais expressões diferentes das características nas plantas. Esse efeito recebe o nome de interação genótipos versus ambientes (GxA), complicando a identificação de de genótipos adaptados e estáveis (Cruz et al., 2014). Então o melhoramento genético visa selecionar materiais que possuam ampla adaptação e estabilidade, podendo ser recomendados para diversas localidades (Malosetti et al., 2013).

Nos estudos de adaptabilidade e estabilidade para apoiar os programas de melhoramento genético, dentre as diversas metodologias tem-se o modelo GGE Biplot, desenvolvido mais recentemente por Yan et al. (2000), cujo teoria considera o efeito principal de genótipo junto a interação genótipo e ambiente, facilitando a visualização de genótipos mais adaptados e estáveis a determinados ambientes (Yan, 2011).

Devido à existência da sazonalidade da safra e a importância de selecionar progênies que possam ser plantados para aumentar a produtividade do açaí, mas existindo ainda poucas pesquisas em relação ao comportamento mensal de progênies durante o ano, que se refere à sazonalidade de produção, este trabalho teve como objetivo de avaliar o desempenho de progênies de açaizeiros procurando identificar a existência das superiores em função dos meses, baseado na multivariada para as características avaliadas, na pré-seleção de progênies por agrupamento pelo dendrograma e pela análise gráfica GGE Biplot.

## MATERIAL E MÉTODOS

Esta pesquisa é componente do programa de melhoramento genético de açaizeiro para produção de frutos no estuário amazônico, com plantio do experimento em área de várzea no Campo Experimental de Mazagão da Embrapa Amapá. O solo que predomina é do tipo Gley Pouco Húmido de textura média, com média a alta fertilidade natural provenientes de sedimentos de rio. Apresenta topografia plana e possuía cobertura vegetal tipo capoeira. O tipo climático é Ami conforme classificação de Köppen, sendo caracterizada como tropical chuvoso, precipitação anual total de 2410 mm, concentrado entre os meses de janeiro e junho, precipitação do mês mais seco (outubro) de 32 mm e do mais chuvoso (março) de 365 mm, temperatura média anual de 27°C, sendo a média do mês mais frio (junho) de 22,7°C e do mais quente (setembro) de 32,8°C, e umidade relativa média do ar de 85% (Cimate-Data.Org,

2020). Dados climáticos mensais 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 (2020)

O experimento contém um total de 76 progênies oriundas de indivíduos presentes em açaiçais nativos da região oeste da Ilha de Marajó, cuja safra predominante ocorre na época do inverno (dezembro a julho). O delineamento experimental empregado foi blocos casualizados com duas repetições e cada parcela representada por cinco plantas, adotando-se o espaçamento de 4 x 5m. Ressaltando que a adoção do número de repetições deveu-se ao número grande progênies e a dimensão da área total do experimento.

Avaliações mensais foram efetuadas entre 2009 até 2013 sobre as características: FF - Formação de Frutos Verdes, contagem de cachos que apresentam formação de frutos verdes por estipe; FM – Formação de Cachos Maduros, contagem de cachos que apresentam cachos maduros por estipe e; TM - Tamanho do Cacho, valor atribuído a avaliação visual dos cachos: onde 1 é atribuído aos menores valores, e 7 para os maiores.

Para permitir a discussão do desempenho das progênies em relação as três características simultaneamente efetuou-se uma análise multivariada, devido a necessidade de se interpretar o comportamento em relação ao conjunto de características que seria extremamente difícil e inconsistente numa análise univariada.

Após a multivariada realizou-se a análise de agrupamento onde foi assumida a distância generalizada

de Mahalanobis ( $D^2$ ) como parâmetro de dissimilaridade, considerando a correlação existente entre as características avaliadas, conforme apresentado por Cruz et al. (2014). Baseado então na matriz de dissimilaridade criada se estruturou o dendrograma, empregando a metodologia do UPGMA (*Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean*). Adotou-se este procedimento devido a um dos problemas das análises gráficas (GGE Biplot) onde aglomerados que impedem a interpretação dos resultados é apresentado, devido ao número alto de progênies constantes no trabalho. Esse emaranhado impossibilita a distinção dos materiais genéticos.

O método GGE Biplot, segundo Yan et al. (2000) considera o efeito principal de progênie e da sua interação com os meses, sendo estes importantes e considerados concomitantemente. O modelo GGE Biplot mantém juntos G da GxA no formato de dois termos multiplicativos, que é visualizado pela equação:  $Y_{ij} - \bar{Y}_j = y_1 \varepsilon_{i1} \rho_{j1} + y_2 \varepsilon_{i2} \rho_{j2} + \varepsilon_{ij}$  onde  $Y_{ij}$  simboliza o desempenho médio da i-ésima progênie no j-ésimo mês;  $\bar{Y}_j$  simboliza a média geral das progênies para o mês j;  $y_1 \varepsilon_{i1} \rho_{j1}$  equivale ao primeiro componente principal (IPCA1);  $y_2 \varepsilon_{i2} \rho_{j2}$  equivale ao segundo componente principal (IPCA2);  $y_1$  e  $y_2$  se referem aos autovalores associados ao IPCA e IPCA2,

respectivamente;  $\varepsilon_{i1}$  e  $\varepsilon_{i2}$  simbolizam os escores do primeiro e segundo componente principal, respectivamente, da  $i$ -ésima progênie;  $\rho_{j1}$  e  $\rho_{j2}$  simbolizam os escores do primeiro e segundo componente principal, respectivamente, para o  $j$ -ésimo mês;  $\varepsilon_{ij}$  equivale ao erro do modelo associado com a  $i$ -ésima progênie no  $j$ -ésimo mês (Yan e Kang, 2003).

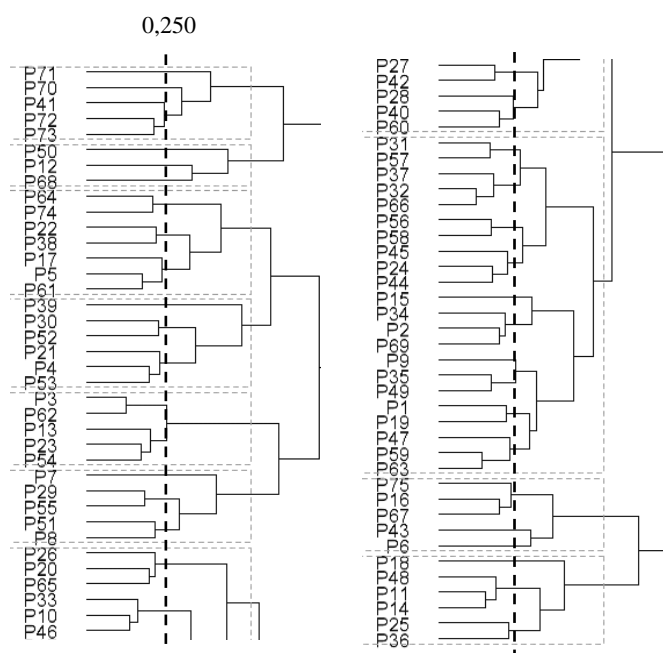
Adicionalmente estimou-se a relação de informação (RI) proposta por Yan e Tinker (2006) para aferir se biplot é adequado para exibir os padrões de uma tabela de dupla entrada. Onde se interpreta esta relação com base em cada eixo PC (eixo da interação da análise de componentes principais) onde  $RI \geq 1$  o próximo de 1, esta contém padrões (associações entre meses), e um PC onde o  $RI < 1$  tem-se ausência de qualquer padrão ou informação. Com isso um biplot de dimensão 2 somente possui poder de representar de forma adequada os padrões nos dados, se somente os dois primeiros PCs apresentarem  $RI \geq 1$  o próximo de 1.

Todas as análises foram realizadas utilizando procedimentos do programa R versão 3.4.1 (R Core Team, 2020).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pelo motivo de estarem sendo avaliadas 76 progênies neste trabalho, que com certeza traria extrema dificuldade para se conseguir visualizar a sua distribuição em análises gráficas e, por decorrência impedir também a correta compreensão no GGE Biplot, admitiu-se a necessidade de usar como procedimento inicial a composição de agrupamentos pelo dendrograma. Cujos grupos tem sua formação baseado nas mudanças acentuadas de níveis (Cruz et al., 2014), e desta forma cada agrupamento sendo composto somente por progênies próximas entre si, sendo que então foi usada apenas uma de cada agrupamento na análise gráfica GGE Biplot, cujos resultados de comportamento foram ampliados para as demais progênies existentes no mesmo agrupamento. O limite adotado para definição

dos grupos foi 0,250 de dissimilaridade, conseguindo delimitar um número de grupos para seleção inicial de 37 progênies para o estudo do GGE Biplot.



**Figura 1.** Dendrograma usando o método de ligação média entre grupos (UPGMA) envolvendo 76 progênies de açaizeiro com base em três características morfológicas.

Pelo dendrograma foi realizada a seleção em cada agrupamento, sendo as progênies: P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P9, P10, P11, P12, P13, P15, P16, P17, P18, P21, P24, P30, P33, P35, P38, P39, P40, P41, P45, P50, P53, P58, P59, P70, P71 e P76, a serem utilizadas na análise GGE biplot e os meses foram representando pela letra M seguida de 1 a 12, de janeiro a dezembro, respectivamente.

Na Tabela 2 tem-se um percentual acumulado acima de 80% da variação explicada pelos dois primeiros eixos, considerando a multivariada das três características. O valor acumulado proporciona elevada fidedignidade referente à explicação da variação total do comportamento relacionado ao efeito genético das progênies, adicionado a interação do efeito de meses, cuja representação é  $G + G \times A$ . Portanto o modelo constituído por dois eixos é suficiente para que se possa

visualizar e interpretar corretamente o comportamento das progênies de açaizeiro e o contraste entre os meses do ano. Este percentual acumulado pelos dois eixos está acima em relação a que foi observado em açaizeiros para características de produção de frutos (Yokomizo et al., 2017; Farias Neto et al., 2018), o que indica que os efeitos provenientes de fatores ambientais não estimáveis, que recebem a denominação de ruídos, que geram interferências sobre a precisão dos gráficos GGE Biplots e desta forma comprometer o reconhecimento das progênies superiores, não constituem parcela significativa da variabilidade estimada. Aspecto

relevante por configurar que o modelo adotado é fidedigno e também próximo do real. O comportamento obtido equiparou-se a algumas espécies já consideradas domesticadas como as pimenteiras (Abu et al., 2011) para produção de frutos frescos; em melão para peso médio por fruto e número de frutos por planta (Dehghani et al., 2012); em cajueiros para o número, produtividade e peso de amêndoa (Aliyu et al., 2014) e; em mandioca para a produtividade de raiz (Peprah et al., 2016), cujos dois primeiros eixos possuíram valor acumulado acima de 80%.

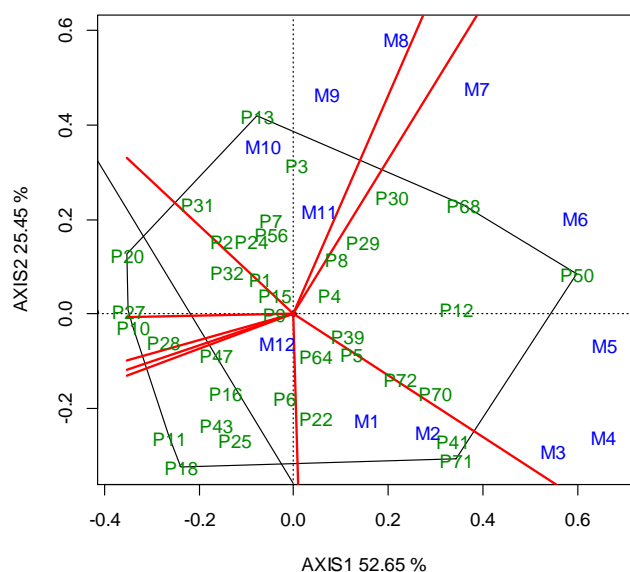
**Tabela 2.** Valor singular, proporção explicada em % (PE %), proporção explicada acumulada em % (PEA %) e relação de informação (RI), considerando os quatros primeiros componentes principais (PCs), em três características conjuntas de progênies de açaizeiros.

Parâmetros	Eixos Componentes				
	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5
Valor Singular	1,854	1,289	0,845	0,498	0,392
PE %	55,311	26,736	11,480	3,991	2,482
PEA %	55,311	82,047	93,527	97,518	100,000
RI	2,766	1,337	0,574	0,200	0,124

Para as estimativas dos valores das relações de informação (RI) envolvendo os cinco primeiros eixos componentes (Tabela 2), tem-se que os dois primeiros eixos PC apresentaram padrão (RI superior a 1), isso significa que existem associações entre os meses. Nos demais eixos é notado que os valores foram baixos e, portanto, não contém qualquer padrão ou informação, então baseado nestes valores pode-se considerar apenas os dois primeiros eixos na análise gráfica sendo suficiente para retratar os padrões dos dados.

A visualização de onde e em quais meses as progênies de açaizeiros mostram-se superiores e investigar a presença de mega-ambientes, cuja definição é a união dos que possuem características intrínsecas parecidas entre si, podendo então ser reunidos num mesmo quadrante, é apresentado na Figura 2 (“which-

won-where”) dos dados multi-ambientes. As linhas que partem da origem dos eixos sugerem que existe a composição de nove setores ou mega-ambientes, mas curiosamente todos os meses estão inseridos num mesmo mega-ambiente, o que significa que foram semelhantes quanto as suas contribuições para a expressão de distinções entre as progênies. Ressaltando que a progênie com melhor desempenho foi à identificada como P50 e, posteriormente a que sobressaiu foi P12, com associação positiva para as médias e também para a estabilidade. Nota-se a existência da P68, P70, P41, P71 e P72 que da mesma forma apresentaram contribuição positiva para as médias, contudo não se mostram portadoras de estabilidade levando em consideração a multivariada das características para os meses.



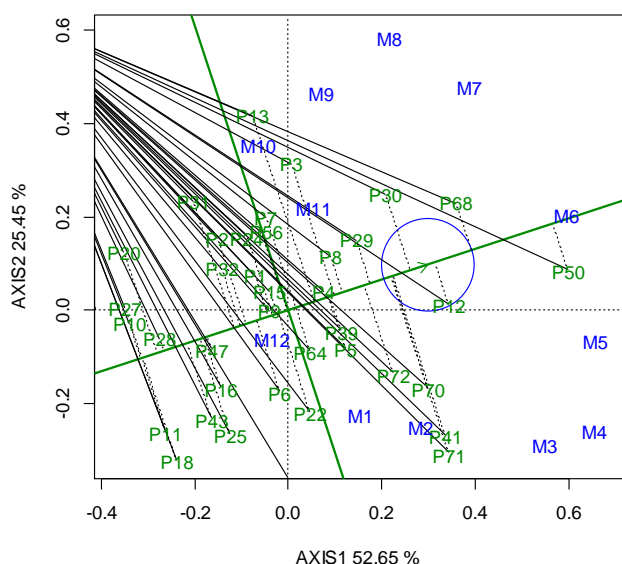
**Figura 2.** Indicativo de quais das progênies apresentaram melhor desempenho e em que meses pelo GGE biplot (“Which-won-where”) para multivariada entre as características em progênies de açaizeiro. As linhas vermelhas contínuas delimitam setores que definem os mega-ambientes.

Na Figura 2 foram compostos conforme a delimitação pelas linhas que saem a partir da origem dos eixos um total de nove mega-ambientes, porém somente em quatro há a distribuição dos meses. Quanto ao quantitativo em que há presença de meses foi próximo ao apresentado por outras espécies como em pimenteiras por três anos por Abu et al. (2011); em produção de frutos de pêssego por três anos (Citadin et al. 2014), cujas progênies se localizaram em três vértices do polígono onde houve ao menos um dos ambientes. Comparativamente com morangueiro para produtividade o comportamento foi diferente, pois cada local obrigatoriamente compôs individualmente um mega-ambiente (Costa et al., 2016) e em mandioca (Peprah et al., 2016). Nota-se também que existiram progênies que foram plotados em setores sem presença de qualquer mês, o que é indicio de que não houve, nestes indivíduos, especificidade com fatores de controle ambiental, comportamento assemelhado ao citado por Aliyu et al. (2014).

A dispersão dos meses entre três setores é importante ao demonstrar que há dissimilaridade entre os fatores ambientais com intensidade suficiente em gerar distintas condições. Também se observa ampla dispersão das progênies no GGE Biplot que para o melhoramento é extremamente interessante por permitir verificar que existe diferenciação entre os desempenhos das mesmas.

Apoiado na distribuição das progênies nota-se que existiram aquelas que não tiveram comportamento de estabilidade e nem adaptabilidade a qualquer mês, adicionalmente, também houve as que pela localização se dividiram pela sua contribuição negativa e positiva. As variações no gráfico são habituais quando é envolvido um conjunto de indivíduos distintos, em etapas iniciais de melhoramento genético e, portanto, contendo muitos contrastes ainda, parecido com o que acontece em outras espécies como em pimenteira (Abu et al., 2011), cajueiro (Aliyu et al., 2014), pêssego (Citadin et al., 2014), morangueiro (Costa et al., 2016) e mandioca (Peprah et al., 2016).

Na Figura 3, a linha reta contendo uma seta recebe a denominação de “eixo do ambiente-média” ou “EAM”, onde as progênies que ultrapassam a ponta da seta são as que apresentaram desempenho médio superior entre os materiais avaliados, conforme Yan (2002) e Yan (2011). Portanto, baseado nos valores médios da multivariada das características as progênies se classificaram desta forma: P50 > P68 > P12 > P30 > P41 > P71 > ... média geral > ... > P28 > P20 > P27 > P10 > P11 > P18. Entre os materiais cujo desempenho foi acima da média geral destacam-se P50, P68, P12, P30, P41, P71, mas deve-se ressaltar que por apresentarem distanciamento perpendicular ao eixo PC1, muitas não tiveram estabilidade, pois em relação a este EAM em ambas as direções, quanto maior a distância em relação a origem tem-se materiais menos estáveis (YAN 2002; 2011). Então associando contribuição positiva para as médias e estabilidade as superiores foram P50, P68 e P12.

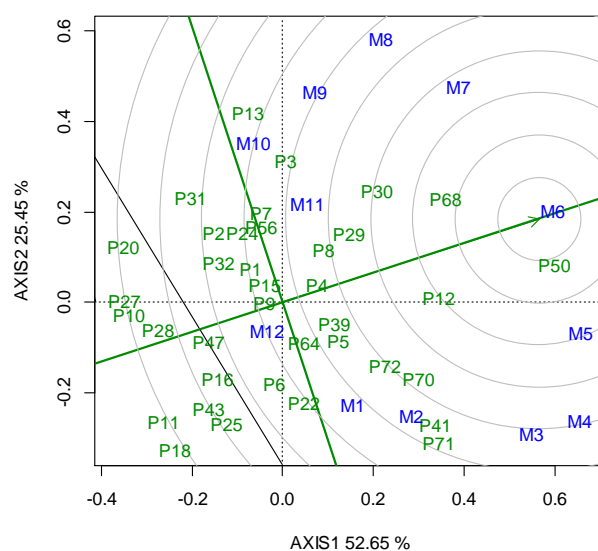


**Figura 3.** Desempenho médio e estabilidade das progênies pelo GGE biplot (“Média versus Estabilidade”) com eixo do ambiente-média (EAM) para multivariada entre as características em progênies de açaizeiro.

Uma planta que consegue associar desempenho acima da média e alta estabilidade é desejada nos programas de melhoramento genético de qualquer espécie, recebendo a denominação de “ideótipo”, que seria a planta perfeita para determinado ambiente. A análise gráfica do GGE Biplot “Média versus Estabilidade” é baseada num protocolo eficaz para avaliar genótipos em relação aos aspectos referentes ao desempenho e estabilidade (Yan e Tinker, 2006; Yan et al., 2007; Yan, 2011) e também conseguir identificar quem se aproxima mais do ideótipo almejado. O ideótipo no GGE Biplot é o ponto central dos círculos concêntricos, e então todos os materiais que se situarem mais próximo deste centro ou nos primeiros círculos são os que podem ser considerados como aqueles que devem ser selecionados.

Conforme as informações do parágrafo anterior pode se notar a existência de uma progênie de açaizeiro extremamente promissora, no caso a P50, próxima do ponto de localização do ideótipo, seguida pela P68 e depois por P12, diferenciando em comparação a outras pesquisas envolvendo diferentes espécies, que

obtiveram como resultados que em geral quem teve melhor desempenho para a média também apresentaram baixa estabilidade, por exemplo, em cajueiros para número peso de produtividade de amêndoas citado por Aliyu et al. (2014). Para a distribuição dispersa das progênies que indica haver variabilidade disponível para fins de seleção, houve ampla dispersão neste conjunto de progênies, sem concentração próximo a origem das retas ou em outro local do gráfico, assemelhando-se ao observado em morangueiro (Costa et al., 2016) e mandioca (Peprah et al., 2016). Nos circuncírculos seguintes deve-se dar atenção também para as progênies P30, P29 e P70, que devem ser observadas em avaliações futuras (Figura 4).



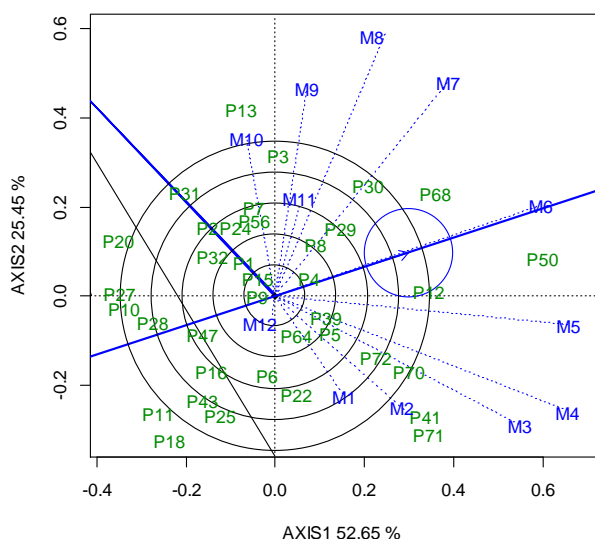
**Figura 4.** Classificação dos genótipos em relação ao ideótipo (no centro dos círculos concêntricos) pelo GGE biplot com eixo do ambiente-média (EAM) para multivariada das características em progênies de açaizeiro.

Um ambiente de teste é aquele que permite identificar genótipos superiores de forma eficaz nos mega-ambientes, ou se algum ambiente (mês) possui a capacidade de gerar diferenças mais amplas entre os materiais genéticos e então permitir a seleção posterior daqueles com melhor desempenho. A visualização deste comportamento é possível no GGE biplot da Figura 5,



sendo que meses que apresentem vetores de maior comprimento são os que fornecem fatores ambientais com maior contribuição para a discriminação das progênies em relação aos fatores genéticos. Em oposição tem-se que meses ou progênies que apresentem vetores curtos são aqueles que menos contribuem para a discriminação, significando que ao não gerar diferenciações acaba por manter todos assemelhados entre si (Hongyu et al., 2015).

Na multivariada das características nem todos os meses foram representados por vetores longos, isso significa que alguns não apresentaram intensidade ou existência de fatores que permitissem gerar condições ambientais que refletissem em comportamento diferenciado entre as progênies (Figura 5), distinto ao citado por Peprah et al. (2016) sobre o desempenho em produtividade de mandioca, onde os ambientes apresentaram vetores mais compridos em comparação aos da maioria dos genótipos, com somente um material genético com vetor mais longo em relação ao dos ambientes e também em cajueiro onde houve a presença de genótipos com maior contribuições para a discriminação segundo Aliyu et al. (2014).



**Figura 5.** GGE biplot “discriminação e representatividade” para mostrar a capacidade de discriminação e representatividade dos ambientes de teste para multivariada entre FF (Frutos verdes), FM (Frutos maduros) e TM (Tamanho de cachos) em progênies de açaizeiro.

Um segundo uso da Figura 5 é discutido com base no ângulo formado em relação ao EAM (eixo do ambiente-média) para se indicar se um ambiente ou mais tem capacidade de representar os demais. Constituindo, portanto um ambiente que manifesta intensidade dos fatores controláveis e não controláveis na média de todos os demais ambientes. Aqui o mês de junho mostrou que contribui dentro de uma média em relação a todos os demais meses, podendo representa-los, portanto (Figura 5), com seu menor ângulo em relação ao EAM. Entre os meses de março até agosto, tem-se a manifestação de fatores ambientais com maior capacidade de gerar comportamentos distintos entre os materiais genéticos, devido à presença de vetores mais longos do que as progênies. Isso mostra que da metade final do período chuvoso e os dois primeiros meses de estiagem (Figura 5) é o período onde os fatores extragenéticos relacionados às condições intrínsecas, sem possibilidade de controle, como a precipitação, as temperaturas (Tabela1), atuam com maior intensidade gerando importante contribuição para o componente da interação GxA, com reflexo direto no desempenho das progênies e portanto é a época em que se manifesta com maior intensidade e portanto mais adequada para se estudar as discriminações do material genético. Esses meses com seus diferentes fatores ambientais foram responsáveis em gerar microclimas diferenciados, tendo como resposta, adaptabilidade e especificidade diversificada de cada progênie, comportamento natural, semelhante ao observado por Aliyu et al. (2014) em cajueiro.

Do GGE Biplot têm-se como superiores as progênies P50, seguida por P68, P12, P30, P29 e P70, ao relacionarmos estas com as 76 progênies iniciais do dendrograma, pode se adicionar também as progênies 52 e 55, que pode se supor serem superiores também.

## CONCLUSÕES

Indubitavelmente a combinação entre a multivariada para as características, o agrupamento pelo dendrograma e a análise gráfica GGE Biplot é necessária, importante e eficiente para interpretar os resultados neste quantitativo grande de progênies;

A melhor progênie é P50, sendo excepcional dentro de todas, seguida pelas P68, P12, P30, P29 e P70, em ordem de desempenho, somando-se pelo dendrograma as progênies P52 e P55.

Este grupo de progênies apresenta variabilidade genética pelas evidentes contribuições individuais distintas para a interação GxA, assim como também os meses com seus fatores não controláveis, que devem ser melhor estudados para orientar o melhoramento genético;

O mês de junho é aquele que representa em relação aos fatores ambientais a média de todos os demais meses, podendo ser este adotado quando na impossibilidade de se efetuar avaliações em mais meses;

O comportamento diferenciado das progênies entre os meses mostra que os quatro últimos meses do período chuvoso (março e junho) e os dois primeiros meses de estiagem (julho e agosto), devem ser priorizados nas avaliações por disponibilizar condições que permitir maior diferenciação entre as progênies.

## REFERÊNCIAS

- Abu NE, Uguru MI, Obi IU. Genotype by trait relations of yield and yield components in aromatic peppers (*Capsicum annum*) based on GT biplot. *Journal of Plant Breeding and Crop Science*. 2011; 3(14): 382-390.
- Aliyu OM, Adeigbe OO, Lawal OO. 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*. 2014; 2(4): 354-369.
- Citadin I, Scariotto S, Sachet MR, Rosa FJ, Raseira MCB, Wagner Júnior A. Adaptability and stability of fruit set and production of peach trees in a subtropical climate. *Scientia Agricola*. 2014; 71(2): 133-138.
- Climate-Data.Org Clima Mazagão [internet]. Oedheim: Climate-Data.Org; 2023 [Acesso em: 11 jul 2023]. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/amapa/mazagao-33758/#climate-graph>.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Açaí - Análise Mensal - Março/2020. [internet]. Brasília, DF: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento; 2020 [Acesso em: 22 jul 2021]. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuario-e-extrativista/analises-do-mercado/historico-mensal-de-acai>.
- Costa AF, Teodoro PE, Bhering LL, Leal NR, Tardin FD, Daher RF. Biplot analysis of strawberry genotypes recommended for the State of Espírito Santo. *Genetics and Molecular Research*. 2016; 15(3): 1-9.
- Coutinho RV. A exploração do açaí como alternativa para o desenvolvimento econômico da Amazônia Legal: estudo de caso do estado do Pará (1990-2010) [dissertação]. Boa Vista: Universidade Federal de Roraima; 2017.
- Cruz CD, Carneiro PCS, Regazzi AJ. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. 3th ed. Viçosa: Editora UFV; 2014.
- Dehghani H, Feyzian E, Jalali M, Rezai A, Dane F. Use of GGE biplot methodology for genetic analysis of yield and related traits in melon (*Cucumis melo* L.). *Canadian Journal of Plant Science*. 2012; 92(1): 77-85.
- Farias Neto JT, Yokomizo GKI, Oliveira MSP, Hongyu K. GGE Biplot para estabilidade e adaptabilidade em progênies de açaizeiro de Anajás, PA. *Revista Agro@mbiente On-line*. 2018; 12(1): 409-417.
- Farias Neto JT, Resende MDV, Oliveira MSP. Seleção simultânea em progênies de açaizeiro irrigado para produção e peso do fruto. *Revista Brasileira de Fruticultura*. 2011; 33(1): 532-539.
- Galeão P. Potencialidades e limites da cadeia de valor do açaí em boca do Acre. [internet]. Brasília, DF: Instituto Internacional de Educação do Brasil; 2017 [acesso em: 28 jul 2023]. Disponível em: [http://www.fundovale.org/wp-content/uploads/2017/10/2\\_acai\\_bocadoacre.pdf](http://www.fundovale.org/wp-content/uploads/2017/10/2_acai_bocadoacre.pdf).

- Homma AKO, Nicoli CML, Menezes AJEA, Matos GB, Carvalho JEU, Nogueira OL. Custo Operacional de Açaizeiro Irrigado no Nordeste Paraense. Belém: Embrapa Amazônia Oriental; 2006. (Documentos, 255).
- Malosetti M, Ribaut J-M, Eeuwijk FA. The statistical analysis of multi-environment data: modeling genotype-by-environment interaction and its genetic basis. *Frontiers in Physiology*. 2013; 4: article 44.
- Hongyu K, Silva FL, Oliveira ACS, Sarti DA, Aaraujo LB, Dias CTS. Comparação entre os modelos AMMI e GGE Biplot para os dados de ensaios multi-ambientais. *Revista Brasileira de Biometria*. 2015; 33(2): 139-155.
- Neves LTBC, Campos DCS, Mendes JKS, Urnhani CO, Aaraujo KGM. Quality of fruits manually processed of açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) and bacaba (*Oenocarpus bacaba* Mart.). *Revista Brasileira de Fruticultura*. 2015; 37(3): 729-738.
- Nogueira AKM, Santana AC. Benefícios socioeconômicos da adoção de novas tecnologias no cultivo do açaí no Estado do Pará. *Ceres*. 2016; 63(1): 1-7.
- Nogueira AKM, Santana SC, Garcia WS. A dinâmica do mercado de açaí fruto no Estado do Pará: de 1994 a 2009. *Revista Ceres*. 2013; 60(3): 324-331.
- Peprah BB, Agyeman A, Parkes E, Kwadwo O, Issac AK, Emmanuel O, Labuschagne MT. Stability, agronomic performance and genetic variability of 10 cassava genotypes in Ghana. *Journal of Plant Breeding and Crop Science*. 2016; 8(9): 157-167.
- R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. [internet]. Vienna, Austria: Foundation for Statistical Computing; 2020 [acesso em 20 jul 2023]. Disponível em: <http://www.R-project.org/>.
- Ramalho MAP, Abreu AFB, Santos JB, Nunes JAR. Aplicações da genética quantitativa no melhoramento de plantas autógamas. Lavras: UFLA; 2012.
- Santos JC, Sena ALS, Homma AKO. Viabilidade econômica do manejo de açaizais no estuário amazônico do Pará. In: Guiducci RCN, Lima Filho JR, Mota MM. (eds.). Viabilidade econômica de sistemas de produção agropecuários. Brasília: Embrapa; 2012.
- Silvestre WVD, Pinheiro HA, Souza RORM, Palheta LF. Morphological and physiological responses of açaí seedlings subjected to different watering regimes. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. 2016; 20(4): 364-371.
- Sousa PC, Andrade VMS. Potencialidade na produção de *Euterpe oleracea* Mart (Açaí) em comunidades tradicionais na Amazônia”, *Revista Contribuciones a las Ciencias Sociales*. 2018; 11: 1-13.
- Weatherspark Condições meteorológicas médias de Mazagão – Brasil. [internet]. Minneapolis: Cedar Lake Ventures, Inc.; 2023 [acesso em 09 jul 2023]. Disponível em: <https://pt.weatherspark.com/y/29784/Clima-caracter%C3%ADstico-em-Mazag%C3%A3o-Brasil-durante-o-ano>.
- Ximenes LC, Gama JRV, Bezerra TG, Cruz GS. Importância do açaí na renda mensal da comunidade quilombola Murumuru em Santarém, Pará. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*. 2020; 11(2): 36-42.
- Yan W. Singular-value partitioning in biplot analysis of multi-environment trial data. *Agronomy Journal*. 2002; 94(5): 990-996.
- Yan W. GGE Biplot vs. AMMI Graphs for Genotype-by-Environment Data Analysis. *Journal of the India Society of Agricultural Statistics*. 2011; 65(2): 181-193.
- Yan W, Hunt LA, Sheng Q, Szlavnic Z. Cultivar evaluation and Mega-environment investigation based on GGE biplot. *Crop Science*. 2000; 40(3): 597-605.
- Yan W, Kang MS. GGE Biplot Analysis: A Graphical Tool for Breeders, Geneticists, and Agronomists. Florida: CRC Press; 2003.
- Yan W, Kang MS, Ma B, Woods S, Cornelius PL. GGE Biplots vs. AMMI analysis of genotype-by-environment data. *Crop Science*. 2007; 47: 643-655.
- Yan W, Tinker A. biplot analysis of multi environment trial data: principles and applications. *Canadian Journal of Plant Science*. 2006; 86(3): 623-645.
- Yokomizo GKI, Farias Neto JT, Oliveira MSP, Hongyu H. Análise GGE biplot na avaliação de características de cachos em açaizeiros da região Amazônica. *Mundo Amazonico*. 2017; 8(1): s/p.

Yuyama K, Varejão MJ, Fávaro DIT, Vasconcelos MBA, Pimentel SA, Caruso MSF. Caracterização físico-química do suco de açaí de *Euterpe precatoria* Mart. oriundo de diferentes ecossistemas amazônicos. *Acta Amazônica*. 2011; 41(4): 545-552.