

# Comportamento Sazonal de Açazeiros Identificados por Análise Multivariada, Dendrograma e GGE Biplot

## Seasonal Behavior in Açai Trees Identified by Multivarial Analysis, Dendrogram and GGE Biplot

Gilberto Ken Iti Yokomizo<sup>\*a</sup>; Kuang Hongyu<sup>b</sup>; Francisco de Oliveira Cruz Júnior<sup>c</sup>; Maria do Socorro Padilha de Oliveira<sup>d</sup>; João Tomé de Farias Neto<sup>d</sup>

<sup>a</sup>Embrapa Amapá. AP, Brasil.

<sup>b</sup>Universidade Federal do Mato Grosso. MT, Brasil.

<sup>c</sup>Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Amapá. AP, Brasil.

<sup>d</sup>Embrapa Amazônia Oriental. PA, Brasil.

\*E-mail: gilberto.yokomizo@embrapa.br

### Resumo

A produtividade sazonal do açazeiro é um problema a ser resolvido para conseguir suprir a demanda do consumo internacional da polpa de seu fruto. Geralmente, os estudos envolvem grande número de progênies que dificultam a interpretação gráfica dos resultados referentes a sua produtividade. Portanto, o objetivo deste trabalho foi verificar progênies superiores do açazeiro e o seu comportamento sazonal por meio do uso combinado da análise multivariada, agrupamento por dendrograma e análise GGE Biplot. Para tanto, foram instaladas 114 progênies usando o delineamento experimental de blocos casualizados em duas repetições e cinco plantas por parcela. As características avaliadas foram: FV - número de cachos verdes em formação por estipe; FC - número de espatas emitidas; FL - número de cachos em floração; FF - número de cachos com formação de frutos verdes; FM - número de cachos com frutos maduros; TM - nota do tamanho dos cachos. O uso combinado das análises se mostrou importante, eficiente e necessário quando há número elevado de progênies. As melhores progênies foram P95, seguida por P42, P48, P102, P28 e P10, somado à progênie P99 do dendrograma. As diferentes contribuições individuais das progênies para a interação genótipo x ambiente e, também, de efeitos dos meses indicou a existência de variabilidade genética disponível para seleção; o diferente comportamento das progênies entre meses mostrou que o período entre junho e outubro deve ser priorizado nas avaliações, por permitir a diferenciação das progênies, sendo julho o melhor.

**Palavras-chave:** *Euterpe oleracea*. Melhoramento Genético. Interação Genótipo X Ambiente. Análise de Componentes Principais.

### Abstract

*The seasonal yield of açai palm is a problem to be solved in order to be able to meet the demand for international consumption of its fruit pulp. Generally, the studies involve a large number of progenies that make it difficult to graphically interpret the results regarding their productivity. Therefore, the objective of this work was to verify superior progenies of açai palm tree and its seasonal behavior through the combined use of multivariate analysis, dendrogram grouping and GGE Biplot analysis. Therefore, 114 progenies were installed using a randomized block experimental design in two replications and five plants per plot. The evaluated characteristics were: FV - green bunches number in formation per stipe; FC - number of spathes issued; FL - number of flowering clusters; FF - number of bunches with green fruit formation; FM - number of bunches with ripe fruits; TM - size of bunches note. The combined use of analyzes proved to be important, efficient and necessary when there is a high number of progenies. The best progenies were P95, followed by P42, P48, P102, P28 and P10, plus the P99 dendrogram progeny. The different contributions of individual progenies to the genotype x environment interaction and also to the months effects indicated the genetic variability existence available for selection; the different progenies behavior among the months showed that the period between June and October should be prioritized in the evaluations, as it allows for the progenies differentiation, being July the best.*

**Keywords:** *Euterpe oleracea*. Genetic Breeding. Genotype X Environment Interaction. Principal Component Analysis.

### 1 Introdução

A família Arecaceae possui o açazeiro como uma palmeira de ocorrência natural concentrada na região Amazônica, a qual possui elevada importância econômica regional na área da fruticultura. O Estado do Pará apresenta a maior produção, comercialização e consumo de polpa do fruto (NEVES *et al.*, 2015), sendo explorado de forma extrativa (SILVESTRE *et al.*, 2016) e compondo uma parcela muito essencial na dieta alimentar e na renda familiar mensal de populações ribeirinhas, mas que gera problemas na entressafra, pois não há frutos disponíveis (XIMENES *et al.*, 2020) o que acaba gerando problemas sociais e econômicos.

Recentemente, a polpa de açai tem um crescimento

exponencial do consumo nos EUA, Alemanha, Bélgica, Holanda, Países Baixos, Japão, Austrália, entre muitos outros que são atraídos pelas excelentes características nutracêuticas deste fruto do estuário amazônico. Um entrave para ampliação, conforme a CONAB (2020) é a presença de entressafra que atrapalha sobremaneira as exportações, pois os importadores querem fornecimento constante durante o ano, além disso, causa um aumento que chega a quadruplicar o preço do litro ao consumidor regional, conforme citam Nogueira *et al.* (2013) e Nogueira e Santana (2016).

Decorrente da importância que a polpa de açai tem adquirido, muitas ações de pesquisa têm surgido buscando desenvolver novas técnicas de manejo e, com isso, elevar a

produção, conforme cita Coutinho (2017), e adicionalmente aumentar o período da safra. Uma das soluções se refere à adoção da irrigação controlada e aplicação de adubos em cultivo em locais de terra firme atingindo melhores desempenhos produtivos (HOMMA *et al.*, 2006; FARIAS NETO *et al.*, 2011; SANTOS *et al.*, 2012) e controle do período da safra (SOUSA; ANDRADE, 2018). Em terra firme há facilidade de manejo em comparação à várzea, mas a predominância da produção ainda é conseguida em áreas de várzea (GALEÃO, 2017), nas quais o Pará concentra grandes populações naturais neste tipo de área, além de uma quantidade enorme de ilhas que contribuem para o quantitativo de frutos deste Estado.

Um dos maiores empecilhos nos programas de melhoramento para a recomendação de novos materiais é a capacidade de efeitos ambientais interferirem diretamente com a genética e, com isso, gerarem manifestações fenotípicas diferenciadas a cada novo ambiente. Portanto, em função do quantitativo de alterações nos fatores ambientais há aumento da probabilidade de surgirem nas plantas diferentes expressões das características vegetativas e reprodutivas. Esse comportamento tem a denominação de interação genótipo versus ambiente (GxA), dificultando sobremaneira o processo de seleção e recomendação de genótipos adaptados e estáveis aos distintos ambientes (CRUZ *et al.*, 2014). Os programas de melhoramento genético dessa forma buscam selecionar aqueles indivíduos que possuam ampla adaptação e estabilidade, podendo ser recomendados para diversos locais (MALOSETTI *et al.*, 2013).

Um das metodologias mais recentes que vem recebendo destaque nos estudos de adaptabilidade e estabilidade é o modelo GGE biplot, cuja proposição foi realizada por Yan *et al.* (2000). Esta metodologia considera juntos o efeito principal de genótipo e a interação genótipo e ambiente, facilitando sobremaneira, a visualização do comportamento dos genótipos que apresentam melhor adaptabilidade e estabilidade a ambientes específicos (YAN, 2011).

O conhecimento do efeito da interação GxA, da sazonalidade da safra e a urgente necessidade de novos materiais genéticos de elevada produtividade, com estabilidade e adaptabilidade ampla são muito discutidos e reconhecidos como necessário, porém os estudos que associem todos estes aspectos simultaneamente são escassos.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho, a estabilidade e a adaptabilidade de progênies de açaizeiros, para seis características em multivariada, entre os meses do ano, apoiado inicialmente, na pré-seleção de progênies realizada pelo dendrograma, pois o número elevado de progênies impossibilita a interpretação destas nos gráficos GGE Biplot.

## 2 Desenvolvimento

### 2.1 Metodologia

O experimento foi conduzido em área de várzea no Campo

Experimental de Mazagão da Embrapa Amapá, cujo solo é do tipo Gleissolo Háptico com textura muito argilosa, com média a alta fertilidade natural originada de sedimentos fluviais (várzea). O local apresenta topografia plana com cobertura vegetal originalmente sendo do tipo capoeira alta. O tipo climático da região é tropical chuvoso (A) segundo a classificação de Köppen, com temperatura média do mês mais frio (junho) de 22,7 °C e mais quente (setembro) de 32,8 °C, e a precipitação do mês mais seco (outubro) de 32 mm e do mais chuvoso (março) de 365 mm, com precipitação total anual de 2410 mm, com maiores chuvas entre os meses de janeiro e junho. A temperatura média anual é de 27 °C e umidade relativa média do ar de 85 % (CLIMATE-DATA.ORG, 2020).

Os materiais genéticos avaliados foram progênies de 114 matrizes pré-selecionadas de açaizais nativos da região Oeste da Ilha de Marajó, que se caracterizam pela safra predominante no inverno (dezembro a julho). O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com duas repetições e parcelas compostas por cinco plantas, no espaçamento de 4 x 5m. Optou-se em utilizar um número reduzido de repetições em função de quantidade de progênies e a área total disponível para o experimento.

As características avaliadas e realizadas a cada mês no período compreendido entre 2009 a 2013, foram:

FV - Formação de cacho verde, obtido pela contagem de cachos verdes em formação por estipe;

FC - Número de facões emitidos, obtido pela contagem de espátas emitidas por estipe;

FL - Formação de cachos em floração, obtido pela contagem de cachos que apresentam inflorescência em floração por estipe;

FF - Formação de frutos verdes, obtido pela contagem de cachos que apresentam formação inicial de frutos verdes por estipe;

FM - Formação de cacho maduro, obtido pela contagem de cachos maduros por estipe;

TM - Tamanho do cacho, obtido por um valor atribuído a avaliação visual dos cachos: em que 1 é atribuído aos menores valores, e 7 para os maiores.

O processo de interpretação e posterior seleção de progênies superiores foi iniciado com uma análise multivariada, pois neste processo é preciso compreender o desempenho não para cada característica individualmente, mas sim no conjunto das características avaliadas. A interpretação individual com posterior tentativa de junção de conclusões é inviável e somente pode ser realizada através da multivariada.

A análise de agrupamento empregou a distância generalizada de Mahalanobis ( $D^2$ ), sendo essa a medida de dissimilaridade, considerando como mais relevante a correlação entre as características avaliadas, conforme explicação de Cruz *et al.* (2014). Posteriormente, baseado na matriz de dissimilaridade gerada, foi estruturado o dendrograma pelo UPGMA (*Unweighted Pair Group Method*

with Arithmetic Mean). O critério utilizado para a composição dos agrupamentos foi a possibilidade de selecionar cerca de 50 % das progênies para uso na análise gráfica. Este procedimento foi efetuado, pois em um quantitativo alto de progênies, há a impossibilidade da interpretação dos resultados, com uma distribuição das progênies, possivelmente, formando um aglomerado, em que não se iria conseguir a visualização do comportamento destas.

A análise gráfica foi realizada pelo método GGE Biplot que considera apenas o efeito genético das progênies e da sua interação com os meses (YAN *et al.*, 2000), sendo estes dois fatores considerados importantes e mantidos juntos em dois termos multiplicativos, cuja equação é:  $Y_j - \bar{y}_j = y_1 \hat{a}_{i1} \hat{n}_{j1} + y_2 \hat{a}_{i2} \hat{n}_{j2} + \hat{a}_j$  em que  $Y_j$  se refere ao desempenho médio da  $i$ -ésima progênies no  $j$ -ésimo mês;  $\bar{y}_j$  representa a média geral de todas as progênies no mês  $j$ ;  $y_1 \hat{a}_{i1} \hat{n}_{j1}$  representa o primeiro componente principal (IPCA1);  $y_2 \hat{a}_{i2} \hat{n}_{j2}$  representa o segundo componente principal (IPCA2);  $y_1$  e  $y_2$  se referem aos autovalores associados ao IPCA e IPCA2, respectivamente;  $\hat{a}_{i1}$  e  $\hat{a}_{i2}$  representam os escores do primeiro e segundo componente principal, respectivamente, da  $i$ -ésima progênie;  $\hat{n}_{j1}$  e  $\hat{n}_{j2}$  representam os escores do primeiro e segundo componente principal, respectivamente, para o  $j$ -ésimo mês;  $\hat{a}_j$  se refere ao erro do modelo associado com  $i$ -ésima progênie e  $j$ -ésimo mês (YAN; KANG, 2003).

Complementarmente, foi calculada a relação de informação (RI) que foi proposta por Yan e Tinker (2006), cujo objetivo é verificar se o Biplot é um modelo adequado para exibir os padrões de uma tabela de dupla entrada. Os limites do PC (eixo da interação da análise de componentes principais) são de quando apresenta valor de  $RI \geq 1$  ou próximo, este contém padrões (associações entre meses), e quando o  $RI < 1$ , este não contém qualquer padrão ou informação. Portanto, um Biplot de dimensão 2 possui capacidade de representar os padrões nos dados quando os dois primeiros PCs estiverem próximos ou acima de 1.

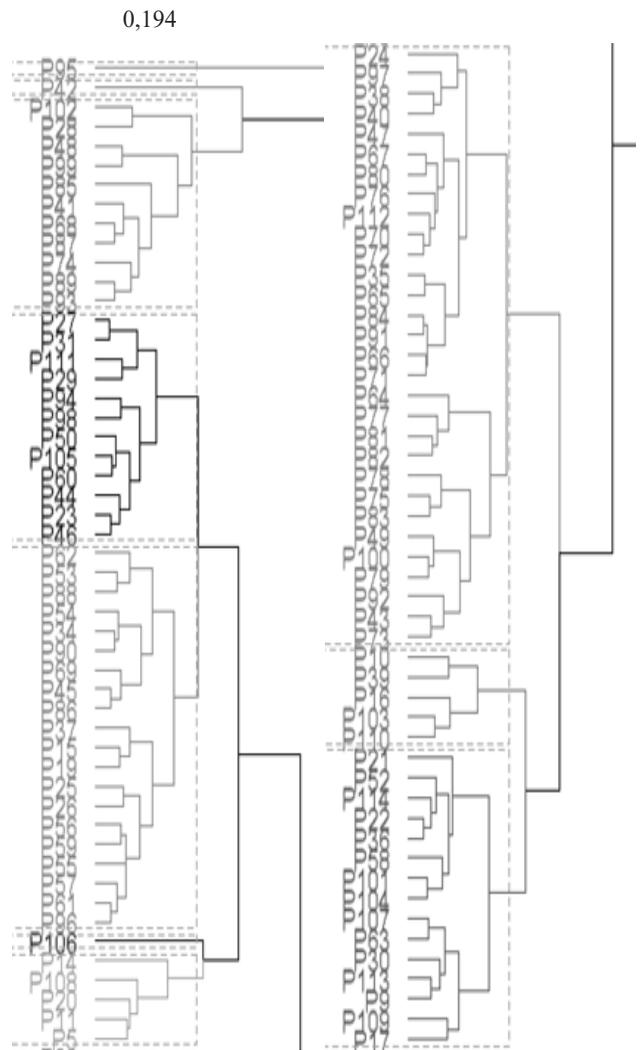
Todas as análises estatísticas e gráficas foram realizadas no programa R versão 3.4.1 (R CORE TEAM, 2020).

## 2.2 Análise Multivariada, Dendrograma e GGE Biplot

Em decorrência do quantitativo alto de progênies envolvidas, sendo no total de 114, as análises gráficas ficaram prejudicadas quanto à visualização e compreensão do comportamento manifestado. Então, para se realizar a análise GGE Biplot foi efetuado preliminarmente a composição de agrupamentos pelo dendrograma cuja formação dos grupos seguiu como base as mudanças acentuadas de níveis (CRUZ *et al.*, 2014), permitindo que apenas progênies similares compusessem cada agrupamento. Com isso, apenas uma progênie de cada grupo foi usada para a geração do GGE Biplot. A partir dos resultados de desempenho obtido na análise gráfica, o comportamento foi expandido às demais progênies, nas quais havia a relação de agrupamento entre

as superiores do GGE Biplot com as demais componentes do dendrograma. O limite estipulado para a composição dos agrupamentos é de 0,194 de dissimilaridade, distribuindo as progênies em grupos que possibilitou a escolha de 48 para comporem o GGE Biplot. O método utilizado foi o UPGMA (Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean), que usa como critério na composição dos grupos, a média das distâncias entre todos os pares de progênies que formam cada grupo.

**Figura 1** - Dendrograma usando o método de ligação média entre grupos (UPGMA) envolvendo 114 progênies de açaizeiro com base em seis características morfológicas



Fonte: Dados da pesquisa.

Posteriormente à seleção das progênies pelo dendrograma, que foram P5, P10, P14, P15, P16, P17, P21, P22, P23, P24, P25, P27, P28, P29, P30, P34, P35, P37, P38, P39, P41, P42, P43, P45, P47, P48, P49, P50, P53, P55, P58, P62, P63, P64, P66, P67, P74, P75, P77, P85, P89, P94, P95, P102, P103, P106, P108 e P109, com os meses compostos pela letra M seguido de 1 a 12, de janeiro a dezembro, a serem empregadas na análise GGE biplot, obteve-se um percentual acumulado da variação explicada com os dois primeiros eixos de 76,495 % considerando todas as características juntas (Quadro 1),

o valor acima de 70% concede confiabilidade satisfatória para a explicação da variação total referente ao desempenho associado ao efeito genético das progênies junto a interação com o efeito de meses, simbolizada por G + GxA.

Então, nesta situação o modelo adotado com dois eixos, evidencia-se como suficiente para caracterizar o comportamento das progênies de açaizeiro e das diferenças entre os meses do ano, permitindo uma precisa distribuição e visualizada do material genético. O valor aqui obtido nos dois eixos se mostrou inferior aos observados também em açaizeiros nas características de produção de frutos (YOKOMIZO *et al.*, 2017; FARIAS NETO *et al.*, 2018), indicando desta forma que efeitos ambientais não estimáveis, que não recebem a denominação de ruídos, não configuram parcela considerável das variações fornecendo perspectiva confiabilidade no modelo adotado. As variações são responsáveis em causar interferência na precisão dos gráficos GGE Biplots e com isso, impede o adequado reconhecimento das progênies superiores. A porcentagem aqui obtida foi também pouco inferior às espécies domesticadas há mais tempo como as pimenteiiras (ABU *et al.*, 2011) em produção de frutos frescos; o melão avaliando-se peso médio e número de frutos por planta (DEGHANI *et al.*, 2012); os cajueiros referentes ao número, peso e produtividade em amêndoa (ALIYU *et al.*, 2014) e, a mandioca para a produtividade de raiz (PEPRAH *et al.*, 2016), em que os dois primeiros eixos acumularam valor superior a 80 %.

**Quadro 1** - Valor singular, proporção explicada em % (PE %), proporção explicada acumulada em % (PA %) e relação de informação (RI), considerando os cinco primeiros componentes principais (PCs), em seis características conjuntas de progênies de açaizeiros

Parâmetros	Eixos Componentes				
	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5
Valor Singular	2,933	1,581	0,723	0,383	0,281
PE %	49,703	26,792	12,252	6,490	4,763
PA %	49,703	76,495	88,747	95,237	100,000
RI	2,485	1,340	0,613	0,325	0,238

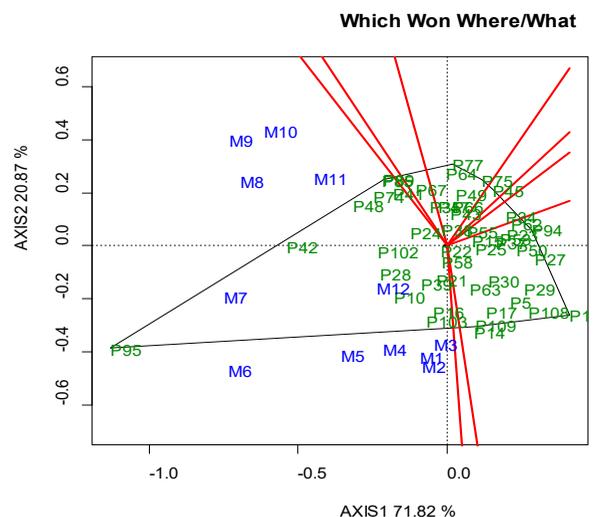
Fonte: Dados da pesquisa.

Uma estimativa complementar é a relação de informação (RI) realizada nos cinco primeiros eixos componentes (Quadro 1), em que foi observado que os dois primeiros eixos PC contiveram padrão (RI acima de 1), ou seja, presença de associações entre os meses. O terceiro eixo apesar de possuir IR pouco abaixo de 1, também pode conter alguma informação independente importante, mas como a soma dos dois primeiros eixos já acumulou valor de PA % acima de 70%, somente os dois primeiros eixos são suficientes para demonstrar o comportamento dos padrões das progênies.

A visualização do local e em quais meses as progênies de açaizeiros são superiores e averiguar também a existência de mega-ambientes diferentes são observados na Figura 2 (“which-won-where”) dos dados multi-ambientes, definidos

pelos progênies e meses. Um mega-ambiente se define como a união daqueles meses que foram mais semelhantes, sendo então agrupados no mesmo quadrante. As retas com origem no Biplot indicaram que existem nove setores ou mega-ambientes. Nota-se que a totalidade dos meses foi agrupada em um único mega-ambiente, o que significa que suas contribuições para a manifestação de diferenças entre as progênies foram similares. Ressaltando que em função dos efeitos dos meses e das progênies nas características avaliadas o comportamento gráfico superior é direcionado para o sentido negativo dos Biplots, então a melhor progénie para grupo de avaliações tem a identificação de P95 e, sendo seguida por P42, P48, P102, P74 e P28 com melhor contribuição para o desempenho, contudo não apresentaram estabilidade neste conjunto de características em todos os meses.

**Figura 2** - Desempenho de progênies de açaizeiro pelo GGE biplot (“Which-won-where”) para multivariada entre seis características. Linhas com origem no Biplot delimitam setores que definem os mega-ambiente



Fonte: Dados da pesquisa.

Os meses compuseram apenas um mega-ambiente na Figura 2, sendo distinto este comportamento em relação ao observado em pimenteiiras por três anos (ABU *et al.*, 2011); em produção de frutos de pêsego em três anos (CITADIN *et al.*, 2014), cujas progênies presentes em três vértices do polígono tiveram a proximidade de pelo menos um ambiente. Em morangueiro, para produtividade também foi diferente, pois cada local compôs um mega-ambiente (COSTA *et al.*, 2016), da mesma maneira que em mandioca (PEPRAH *et al.*, 2016).

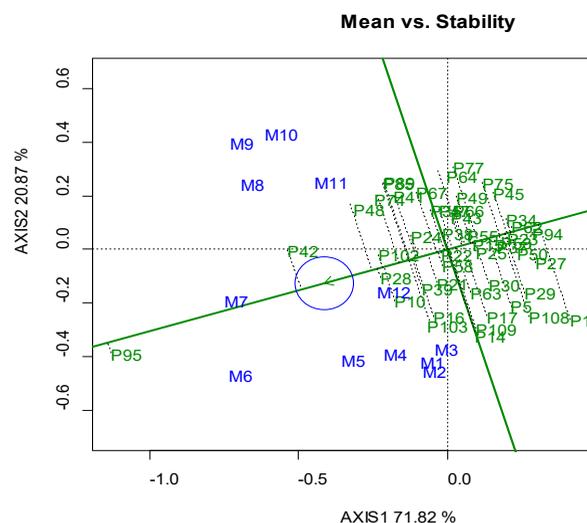
Existem progênies que se plotaram em setores sem a presença de meses, semelhante ao trabalho de Aliyu *et al.* (2014), indicativo que há progênies que não apresentaram especificidade para qualquer dos meses nas características.

O agrupamento dos meses em apenas um setor é indicativo de similaridade entre os fatores de origem ambiental, condicionando que os ambientes sejam assemelhados e adicionalmente a dispersão no GGE Biplot das progênies presente expõe que há variabilidade disponível entre estas.

Especificamente sobre as progênies, existiram tanto as com comportamento de estabilidade e adaptabilidade a qualquer ano e também as sem, dividindo-se também em termos de contribuição negativa e positiva. Essa distribuição é comumente encontrada quando a pesquisa envolve um conjunto de genótipos distintos, ainda em processo de seleção, portanto ainda não houve uniformização ao se optar apenas pelas superiores, resultados semelhantes foram encontrados 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 se tem o que é denominado de “eixo do ambiente-média” ou “eam”, com uma linha reta tendo uma seta, que representa um “ambiente-média”. Aqueles materiais que ultrapassaram a ponta da seta são os com desempenho médio superior entre o grupo avaliado. Uma linha perpendicular ao eam se refere à variabilidade de desempenho, quanto mais distante perpendicularmente há menor estabilidade, em ambas as direções (YAN, 2002; YAN, 2011). Baseado nestes aspectos, as progênies foram classificadas conforme se segue: P95 > P42 > P68 > P28 > P10 > P102 > ... > média geral > ... > P50 > P34 > P62 > P27 > P94 > P106. Mas, em geral, os materiais com melhor desempenho quanto ao valor acima da média também estiveram mais distantes do eixo PC1, que são aquelas com menor estabilidade.

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



Fonte: dados da pesquisa.

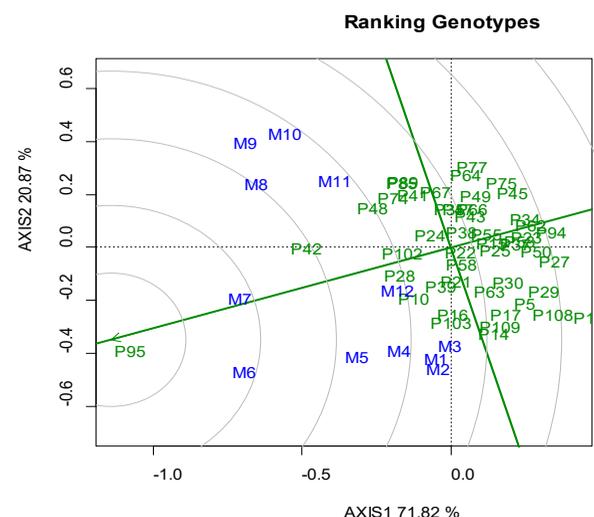
Os programas de melhoramento possuem como objetivo encontrar indivíduos que associem tanto produtividade maior que a média, com estabilidade e adaptabilidade ampla, sendo denominada de “ideótipo”. Para se encontrar este indivíduo nas avaliações de experimentos, tem-se o GGE biplot “Média versus Estabilidade” como um instrumento extremamente adequado para esta finalidade (YAN; TINKER, 2006; YAN *et al.*, 2007; YAN, 2011), permitindo visualizar aquele ou

aqueles que estão se aproximando a um ideótipo. Na Figura 4, os materiais que podem ser considerados como ideótipos são aqueles localizados no centro dos círculos concêntricos ou nos primeiros destes círculos.

Portanto, tem-se a progênie P95 que se pode considerar como um ideótipo, pois se encontra perfeitamente próxima do centro do primeiro circuncentro, seguida pela P42 e posteriormente pelas P48, P102, P28 e P10. Destacam-se, as progênies P42, P102, que se localizaram nos primeiros circuncentros e apresentaram estabilidade. A progênie P95 com ótimo desempenho mostrou comportamento similar em relação às pesquisas envolvendo outras espécies, cujos materiais mais produtivos, em sua maioria, também tiveram menor estabilidade, por exemplo, ao citado por Aliyu *et al.* (2014) trabalhando com cajueiros para número, peso e produtividade de amêndoas.

Para a dispersão gráfica das progênies, que se refere à variabilidade disponível para seleção dos materiais genéticos nas características em conjunto, existe uma tendência de concentração próximo a origem das retas, diferindo do resultado observado em morangueiro (COSTA *et al.*, 2016) e mandioca (PEPRAH *et al.*, 2016), em que os genótipos apresentaram maior dispersão em relação à origem das retas (Figura 4). Isso indica que, aqui um grupo menor de progênies teve participação mais expressiva na variabilidade existente, enquanto muito pouco contribuiu, estando então próximas da origem das retas.

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

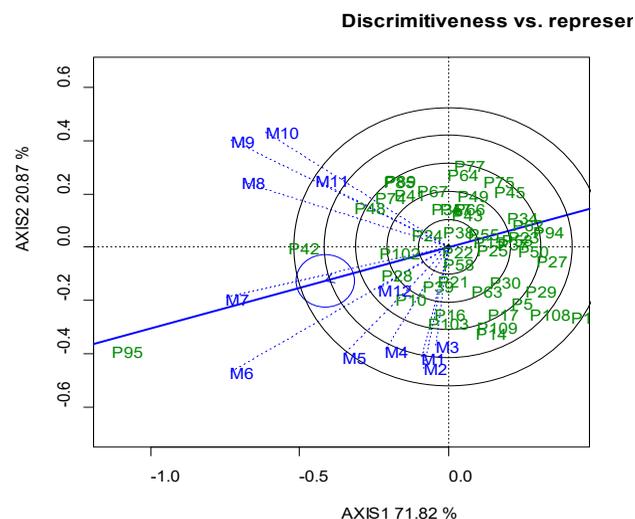


Fonte: dados da pesquisa.

Um ambiente de teste é capaz de oferecer condições que permitam melhor diferenciar as progênies e selecionar as superiores eficazmente em um mega-ambiente ou aqui nos meses, pois envolve condições ambientais sazonais que são relacionadas diretamente com os aspectos de safra e entressafra do açaizeiro. A análise gráfica no GGE biplot da Figura 5 possui esta finalidade, em que meses que apresentarem vetores mais

longos são aqueles que disponibilizam fatores ambientais com contribuição mais intensa em relação aos fatores genéticos para gerar a diferenciação do comportamento das progênies. Os meses ou progênies com vetores curtos são aqueles com menor capacidade discriminante, unificando todos e com isso não permitindo distinguir e, com isso, impedindo a seleção de progênies no processo (HONGYU *et al.*, 2015). Alguns meses apresentaram vetores curtos, indicando que tiveram menor capacidade discriminante em relação às progênies (Figura 5), ou seja, aqui predominaram os fatores genéticos para a variabilidade, resultado diferente do obtido por Peprah *et al.* (2016) referente ao comportamento de produtividade de mandioca, em que todos os ambientes tiveram vetores mais longos que os genótipos, com exceção de um material genético com vetor maior que o dos ambientes e em cajueiro, na avaliação para número, peso e produtividade de amêndoas por planta observado por Aliyu *et al.* (2014), também com um genótipo com maior discriminação. No entanto nota-se que a capacidade discriminante dos meses foi maior no final do período chuvoso (junho) até quase o final do período seco (outubro), induzindo ao entendimento de que este período fosse por fatores extragenéticos, que compõem condições intrínsecas, não controláveis, como por exemplo, a queda da precipitação total, o aumento das temperaturas médias, máximas e mínimas (Quadro 1), que tende a gerar fatores de maior impacto na interação GxA, excetuando-se o comportamento da progênie P95, destoante e muito superior em relação ao grupo de progênies avaliadas. Então, esses meses geraram microclimas distintos e como reflexo, também adaptabilidade e especificidade específicas de progênies, sendo perfeitamente normal este comportamento (ALIYU *et al.*, 2014).

**Figura 5** - Capacidade de discriminação e representatividade dos ambientes de teste pelo GGE biplot “discriminação e representatividade” para multivariada entre seis características em progênies de açaizeiro



Fonte: dados da pesquisa.

Uma segunda interpretação que pode ser obtida da análise gráfica da Figura 5 é identificar o mês ou mais de um, que

seja representativo da média de todos. Esse mês é aquele que pode ser o representante de todos, por ser uma média dos valores dos fatores controláveis e não controláveis dentro de um intervalo médio entre todos os demais meses. Então, os meses de julho e dezembro, na Figura 5, com menor ângulo em relação ao eam (eixo do ambiente-média) foram os que podem ser considerados como os que apresentaram a média dos demais meses. O mês de julho pode ser usado como referencial para avaliações em relação aos demais meses, indicativo que este mês tem a capacidade de representar todas as demais condições dos demais meses e, portanto, uma única avaliação aqui reduziria o trabalho.

Com base no resultado do GGE Biplot se têm como promissoras e que mais se aproximaram do ideótipo as progênies P95, P42, P48, P102, P28 e P10 e para as 114 progênies iniciais do dendrograma utilizando o agrupamento, tem-se apenas o acréscimo da progênie P99, podendo-se então considerar esta como promissora.

### 3 Conclusão

O uso combinado entre multivariada, agrupamento pelo dendrograma e análise gráfica GGE Biplot é importante, eficiente e necessário para seleção de um quantitativo grande de progênies.

As melhores progênies aproximando-se do ideótipo são P95, sendo excepcional dentro de todas, seguida por P42, P48, P102, P28 e P10, em ordem de desempenho, somado a progênie P99 do dendrograma.

As diferentes contribuições individuais das progênies para a interação GxA e, também, de efeitos dos meses na dispersão observada na análise GGE Biplot indica a existência de variabilidade genética, importante para orientar o melhoramento genético.

Pelo comportamento de capacidade discriminante dos meses nas progênies, as avaliações devem ser realizadas nos meses de junho e outubro, sendo o mês de julho com capacidade para representar todos.

### Referências

ABU, N.E.; UGURU, M. I.; OBI, I.U. Genotype by trait relations of yield and yield components in aromatic peppers (*Capsicum annum*) based on GT biplot. *J. Plant Breed. Crop Sci.*, v.3, n.14, p.382-390, 2011. doi: 10.5897/IPBCS11.050.

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 Biotechnol.*, v.2, n.4, p.354-369, 2014. doi: 10.9787/PBB.2014.2.4.354.

CITADIN, I. *et al.* Adaptability and stability of fruit set and production of peach trees in a subtropical climate. *Scie. Agricola*, v.71, n.2, p.133-138, 2014. doi: 10.1590/S0103-90162014000200007.

CLIMATE-DATA.ORG *Clima Mazagão*. Disponível em: <<https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/amapa/mazagao-33758/#climate-graph>>. Acesso em: 11 jul. 2021.

- CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. *AÇAI - 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 JUN. 2021.
- COSTA, A.F. *et al.* Biplot analysis of strawberry genotypes recommended for the State of Espírito Santo. *Genetics Mol. Res.*, v.15, n.3, p.1-9, 2016. doi: 10.4238/gmr.15038919.
- 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)*. Boa Vista: Universidade Federal de Roraima, 2017.
- CRUZ, C.D.; CARNEIRO, P.C.S.; REGAZZI, A.J. *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético*. Viçosa: UFV, 2014.
- DEGHANI, H. *et al.* Use of GGE biplot methodology for genetic analysis of yield and related traits in melon (*Cucumis melo* L.). *Can. J. Plant Sci.*, v.92, n.1, p.77-85, 2012. doi: 10.4141/cjps2010-046.
- FARIAS NETO, J.T. *et al.* Biplot para estabilidade e adaptabilidade em progênies de açaizeiro de Anajás, PA. *Rev. Agro@ambiente Online*, v.12, n.1, p.409-417, 2018. doi: 10.18227/1982-8470ragro.v12i1.4220.
- 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. *Rev. Bras. Fruticul.*, v.33, n.1, p.532-539, 2011. doi: 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. 2017. Disponível em: < http://www.fundovale.org/wp-content/uploads/2017/10/2\_acai\_bocadoacre.pdf >. Acesso em: 28 jul. 2021.
- HOMMA, A. K. O. *et al.* *Custo Operacional de Açaizeiro Irrigado no Nordeste Paraense*. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2006.
- 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 Phys.*, v.4, 2013. doi: 10.3389/fphys.2013.00044.
- HONGYU, K. *et al.* Comparação entre os modelos AMMI e GGE Biplot para os dados de ensaios multi-ambientais. *Rev. Bras. Biometria*, v.33, n.2, p.139-155, 2015.
- NEVES, L.T.B.C. *et al.* Quality of fruits manually processed of açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) and bacaba (*Oenocarpus bacaba* Mart.). *Rev. Bras. Fruticul.*, v.37, n.3, p.729-738, 2015. doi: 10.1590/0100-2945-148/14.
- NOGUEIRA, A. K. M.; SANTANA, A. C. Benefícios socioeconômicos da adoção de novas tecnologias no cultivo do açaí no Estado do Pará. *Rev. Ceres*, v.63, n.1, p.1-7, 2016. doi: 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. *Rev. Ceres*, v.60, n.3, p.324-331, 2013. doi: 10.1590/S0034-737X2013000300004.
- PEPRAH, B.B. *et al.* Stability, agronomic performance and genetic variability of 10 cassava genotypes in Ghana. *J. Plant Breeding Crop Sci.*, v.8, n.9, p.157-167, 2016. doi: 10.5897/JPBCS2016.0581.
- R CORE TEAM. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2020. Disponível em: <http://www.R-project.org/>. Acesso em: 20 abr. 2021.
- RAMALHO, M. A. P. *et al.* *Aplicações da genética quantitativa no melhoramento de plantas autógamas*. Lavras: UFLA. 2012.
- 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. Viabilidade econômica de sistemas de produção agropecuários. Brasília: Embrapa, 2012. p.351-409.
- SILVESTRE, W.V.D. *et al.* Morphological and physiological responses of açaí seedlings subjected to different watering regimes. *Rev. Bras. Eng. Agríc. Amb.*, v.20, n.4, p.364-371, 2016. doi: 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”. *Rev. Contribuciones Cienc. Soc.*, v.1, p.1-13, 2018.
- WEATHERSPARK. Condições meteorológicas médias de Mazagão – Brasil. Disponível em: <https://pt.weatherspark.com/y/29784/Clima-caracter%C3%A0stico-em-Mazag%C3%A3o-Brasil-durante-o-ano>. Acesso em: 9 jul. 2021.
- XIMENES, L. C. *et al.* Importância do açaí na renda mensal da comunidade quilombola Murumuru em Santarém, Pará. *Rev. Iberoam. Ciênc. Amb.*, v.11, n.2, p.36-42, 2020. doi: 10.6008/CBPC2179-6858.2020.002.0004.
- YAN, W. Singular-value partitioning in biplot analysis of multi-environment trial data. *Agronomy J.*, v.94, n.5, p.990-996, 2002. doi: 10.2134/agronj2002.9900.
- YAN, W. GGE Biplot vs. AMMI Graphs for Genotype-by-Environment Data Analysis. *J. India Soc. Agricultural Statistics*, v.65, n.2, p.181-193, 2011.
- YAN, W. *et al.* Cultivar evaluation and Mega-environment investigation based on GGE biplot. *Crop Sci.*, v.40, n.3, p.597-605, 2000. doi: 10.2135/cropsci2000.403597x.
- YAN, W.; KANG, M. S. *GGE Biplot Analysis: a graphical tool for breeders, geneticists, and agronomists*. Boca Raton: CRC Press, 2003.
- YAN, W. *et al.* GGE Biplots vs. AMMI analysis of genotype-by-environment data. *Crop Sci.*, v.47, n.2, p.643-655, 2007. doi: 10.2135/cropsci2006.06.0374.
- YAN, W.; TINKER, A. biplot analysis of multi environment trial data: principles and applications. *Can. J. Plant Sci.*, v.86, n.3, p.623-645, 2006. doi: 10.4141/P05-169.
- YOKOMIZO, G. K.-I. *et al.* Análise GGE biplot na avaliação de características de cachos em açaizeiros da região Amazônica. *Mundo Amazonico*, v.8, n.1, p.1-16, 2017. doi:10.15446/ma.v8n1.6345.
- YUYAMA, K. *et al.* Caracterização físico-química do suco de açaí de *Euterpe precatoria* Mart. oriundo de diferentes ecossistemas amazônicos. *Acta Amazônica*, v.41, n.4, p.545-552, 2011. doi: 10.1590/S0044-59672011000400011.