

DENDROGRAMA E GGE BILOT UMA COMBINAÇÃO PARA ESTUDO DE ESTABILIDADE E ADAPTABILIDADE EM AÇAIZEIRO

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

RESUMO

O consumo de açaí apresenta expansão nacional e internacional, necessitando materiais genéticos promissores para atender esta demanda crescente. Mas o grande número de progênies envolvidas nas pesquisas dificulta a interpretação em análises gráficas, portanto o objetivo deste trabalho foi combinar pela primeira vez o agrupamento por dendrograma para redução do quantitativo de progênies para posterior análise GGE Biplot visando identificar as superiores. As progênies foram instaladas em delineamento experimental de blocos ao acaso com duas repetições e cinco plantas por parcela. As características avaliadas foram: Folhas Senescentes (FSE) Facões emitidos (FC) número de vassouras ou cachos sem frutos (VS). As conclusões foram de o uso combinado do agrupamento pelo dendrograma seguido pela análise gráfica GGE Biplot mostram-se importantes e eficientes; as melhores progênies foram P8 e P35, seguidas por P15, P39, P26, P34, P4, P30, P31, P38, P45, P16 e P19; existe variabilidade genética pelas evidentes contribuições individuais distintas para a interação GxA e de efeitos ambientais, importante para o melhoramento genético; o comportamento distinto das progênies entre anos mostra que o desenvolvimento das plantas influencia as respostas aos fatores ambientais, tornando importante nas pesquisas para se conhecer as exigências e respostas do açaizeiro.

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

DENDROGRAM AND GGE BILOT A COMBINATION FOR STABILITY AND ADAPTABILITY STUDY IN AÇAÍ PALM

ABSTRACT

The açaí presents expanding consumption nationally and internationally, requiring promising genetic materials to meet this growing demand. However, the large number of progenies involved in the research makes it difficult to interpret in graphic analysis, so the objective of this study was to combine for the first time the dendrogram grouping to reduce the number of progenies for later GGE Biplot analysis in order to identify the superior ones. The progenies were installed in a randomized block design with two replications and five plants per plot. The evaluated characteristics were: Senescent Leaves (FSE) Machetes emitted (FC) number of brooms or bunches without fruits (VS). The conclusions were that the combined use of the dendrogram grouping followed by the graphical analysis GGE Biplot is important and efficient; the best progenies were P8 and P35, followed by P15, P39, P26, P34, P4, P30, P31, P38, P45, P16 and P19; there is genetic variability due to the evident distinct individual contributions to the GxA interaction and to environmental effects, important for genetic improvement; the distinct behavior of progenies between years shows that the development of plants influences responses to environmental factors, making it important in research to know the requirements and responses of açaí.

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

INTRODUÇÃO

O açaizeiro é uma palmeira da família *Arecaceae*, vastamente disseminada e cultivada na Amazônia brasileira. Ocorre de forma natural na região amazônica e possui 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 ícone deste Estado, representando o principal produto extraído da palmeira (SILVESTRE et al. 2016).

Com a popularização do apelo ecológico e das descobertas das qualidades nutricionais a comercialização da polpa de açaí tem crescido gradativamente juntamente com uma expansão para outros mercados nacionais e atingindo até níveis internacionais (PAGLIARUSSI, 2010). Esta produção torna o Brasil o maior produtor, consumidor e exportador de polpa de açaí (MENEZES, 2005). O Brasil é o maior produtor, consumidor e exportador de polpa de açaí (MENEZES, 2005), sendo que produziu em 2018 a quantidade de 1.510.022 t, numa área de 198.497 ha, gerando cerca de R\$ 3,265 bilhões, com a região Norte representando 99% destes valores, destacando-se o Pará com mais de 95% do total brasileiro (IBGE, 2020).

No Estado do Pará o açaí envolve mais de 13.000 produtores, tendo grande importância socioeconômica no estado, abrangendo 300 mil pessoas de 54 municípios. (COMEX DO BRASIL, 2017). Na capital, Belém, estima-se que 25 mil pessoas atuam de forma direta e indireta, na comercialização do açaí, como extração, transporte, comercialização e industrialização, e com isso correspondendo a 70% da fonte de renda da população ribeirinha (NOGUEIRA et al., 2013; RODRIGUES et al., 2015a; 2015b).

A Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e da Pesca (SEDAP), avalia que 60% da produção do açaí é consumido internamente no Pará, 30% em outros estados do Brasil e 10% são exportados para outros países, revelando o mercado interno e nacional como grandes consumidores do fruto e o mercado externo com potencial apreciável de crescimento (PESSOA; TEIXEIRA, 2012; TAVARES; HOMMA, 2015). Na exportação, destacam-se alguns países da Europa, nos Estados Unidos,

Japão e China, (SCHRECKINGER et al., 2010), adicionalmente também sendo exportado para Holanda e Coréia do Sul (CARVALHO et al., 2017), impulsionado em função de suas propriedades antioxidantes, da composição nutricional, rica em fibras, lipídeos, fenóis e a antocianina que podem estar relacionados à prevenção de doenças cardiovasculares (MOURA ROCHA, 2015; YAMAGUCHI et al., 2015). Sendo rico também em proteínas, vitamina E, e minerais, como manganês, cobre, boro e cromo (SILVA et al., 2017) e apresentar efeito hipocolesterolêmico (SOUZA et al., 2011).

Com a valorização e o acréscimo na demanda dos diversos mercados pelo açaí, há marcante necessidade de aumento do quantitativo de frutos necessários para atender aos consumidores. Neste contexto, está ocorrendo expansão dos açaizais manejados, em áreas de várzeas e em áreas de terra firme (FARIAS NETO et al., 2011). Observando-se também na mesorregião do Pará, Nordeste Paraense, a incorporação da tecnologia da irrigação no plantio de açaizeiros no período de estiagem, visando permitir uma produção de açaí na entressafra (NOGUEIRA et al., 2013). Uma parceria entre instituições de pesquisa e a Secretaria de Agricultura do Pará (SEDAP) visa expandir a área de produção em 50 mil ha até 2024, permitindo um incremento de até 360 mil t de produção e também haveria a redução da sazonalidade do fruto (PORTAL BRASIL, 2016).

Mas para atingir este objeto é necessário que o melhoramento genético disponha de variabilidade e divergência genética que possibilitem obter as informações necessárias para subsidiar o processo de seleção (GOMES JÚNIOR et al., 2014). Trabalhos publicados demonstram a que existe a possibilidade de selecionar genótipos melhorados em progênies de açaizeiros, pois há a presença de plantas se destacando (YOKOMIZO et al., 2016a; 2016b; FARIAS NETO et al., 2018).

Um complicador para esta seleção 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 adaptabilidade e estabilidade, dentre as metodologias mais recentes, se destaca o modelo GGE biplot, proposto por Yan et al. (2000), que considera o efeito principal de genótipo juntamente com a interação genótipo e ambiente, permitindo identificar os mega-ambientes, que seria a identificação e o agrupamento dos ambientes mais homogêneos dentre os vários heterogêneos. Facilita também a visualização de genótipos mais adaptados e estáveis a ambientes específicos (YAN, 2011).

Com base nestas informações o objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho agrônomo de uma população de açaizeiros visando identificar os genótipos mais responsivos e adequados aos níveis de variação ambiental, apoiado em uma pré-seleção por agrupamento pelo dendrograma devido ao número elevado de progênies, que impossibilitaria a visualização do comportamento nos gráficos GGE Biplot. Essa combinação de metodologias foi necessária e é a primeira aplicação para análise GGE Biplot cuja visualização do comportamento é inviabilizada quando existe um conjunto muito grande de genótipos em estudo.

MATERIAL E MÉTODOS

Esse estudo é parte do programa de melhoramento genético de açaizeiro para produção de frutos no estuário amazônico, conduzido pelo plantio de um experimento em área de várzea no Campo Experimental de Mazagão da Embrapa Amapá, possuindo solo predominante do tipo Gley Pouco Húmido 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 mês mais quente (setembro) de 32,8°C, com precipitação do mês mais seco (outubro) de 32 mm e do mês 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, 2020). Porém especificamente para os anos de avaliação os dados são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Precipitação total anual (PT, em mm), médias das temperaturas máximas (T_{Ma}, em °C), mínima (T_{Mi}, em °C), temperatura média anual (T_{Me}, em °C) e média da UR% do ar em Mazagão, AP, entre os anos de 2009 e 2013.

	2009	2010	2011	2012	2013
PT	2069,84	1738,32	2347,12	1972,11	1980,03
T _{Ma}	32,20	32,78	32,38	32,51	32,28
T _{Me}	28,15	28,57	27,97	28,09	27,98
T _{Mi}	24,10	24,36	23,55	23,66	23,67

Fonte: ANOCHI, J. Comunicação pessoal. INPE (2020)

O material genético utilizado na área é composto por 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 de três descritores, sendo: FSE - Folhas Senescentes, contagem de todas as folhas mortas por planta; FC - Facões emitidos, contagem de espigas emitidas por estipe; VS - número de vassouras ou cachos sem frutos, contagem de cachos que não apresentam formação de fruto por planta.

A análise de agrupamento foi feita, adotando-se a distância generalizada de Mahalanobis (D^2) como medida de dissimilaridade, por considerar a correlação entre os caracteres avaliados, segundo Cruz et al. (2004). Com base na matriz de dissimilaridade gerada, foi elaborado dendrograma pelo método

de UPGMA (*Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean*). O critério utilizado para a formação dos grupos foi a adoção de 0,125% de dissimilaridade.

A análise de variância foi realizada com base nas médias das parcelas entre as progênies para as diferentes características, cujo modelo estatístico de parcelas subdivididas empregado foi o citado por Ramalho et al. (2012): $Y_{ijk} = \mu + b_i + P_j + e_{ij} + A_k + (PA)_{ik} + e_{ikj}$; sendo: Y_{ijk} : valor observado no i -ésimo bloco, da j -ésima progênie no k -ésimo ano; μ : média geral para a característica; b_i : efeito do i -ésimo bloco; P_j : efeitos da j -ésima progênie; A_k : efeito do k -ésimo ano; e_{ij} : erro do efeito de blocos e progênies; PA : interação entre j -ésima progênie com k -ésimo ano; e_{ikj} : erro referente ao efeito blocos, progênies e anos. A análise de variância e o gráfico GGE biplot foram realizados no programa R versão 3.4.1 (R CORE TEAM, 2020).

O método GGE Biplot considera o efeito da progênie e da sua interação com os anos (YAN et al., 2000). Neste método, apenas o efeito principal de progênie e da GxA são importantes e considerados concomitantemente. O modelo GGE biplot não separa G da GxA mantendo-os juntos em dois termos multiplicativos, que pode ser visualizado na seguinte equação: $Y_{ij} - \bar{y}_j = y_1 \varepsilon_{i1} \rho_{j1} + y_2 \varepsilon_{i2} \rho_{j2} + \varepsilon_{ij}$ onde Y_{ij} representa o rendimento médio da i -ésima população no j -ésimo ano; \bar{y}_j é a média geral das populações no ano j ; $y_1 \varepsilon_{i1} \rho_{j1}$ é o primeiro componente principal (IPCA1); $y_2 \varepsilon_{i2} \rho_{j2}$ é o segundo componente principal (IPCA2); y_1 e y_2 são os autovalores associados ao IPCA e IPCA2, respectivamente; ε_{i1} e ε_{i2} são os escores do primeiro e segundo componente principal, respectivamente, da i -ésima população; ρ_{j1} e ρ_{j2} são os escores do primeiro e segundo componente principal, respectivamente, para o j -ésimo ano; ε_{ij} é o erro do modelo associado com i -ésima população e j -ésimo ano (YAN; KANG, 2003).

Foi calculada a relação de informação (RI) proposta por Yan e Tinker (2006) para avaliar a adequação do biplot em exibir os padrões de uma tabela de dupla entrada. A interpretação é: um PC (eixo da interação da análise de componentes

principais) com $ir = 1$ contém padrões (associações entre ambientes), e um PC com $IR < 1$ não contém qualquer padrão ou informação. Ressaltando que o biplot de dimensão 2 representa adequadamente os padrões nos dados, se apenas os dois primeiros PCs têm um $IR \geq 1$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Devido estarem envolvida neste estudo o quantitativo de 76 progênies, número que dificulta a visualização da distribuição e, por conseguinte, a compreensão de seus comportamentos no GGE Biplot, adotou-se como procedimento preliminar a formação de agrupamentos pela estruturação de um dendrograma. Onde a formação dos grupos tem como base as mudanças acentuadas de níveis (CRUZ et al., 2014), com cada agrupamento contendo progênies similares, permitindo desta forma utilizar apenas uma destas para a geração do GGE Biplot, cujo comportamento pode ser expandido 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 0,125 de dissimilaridade, pois delimitou grupos permitindo a escolha de 50% das progênies para utilização no estudo do GGE Biplot. O método utilizado foi o 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.

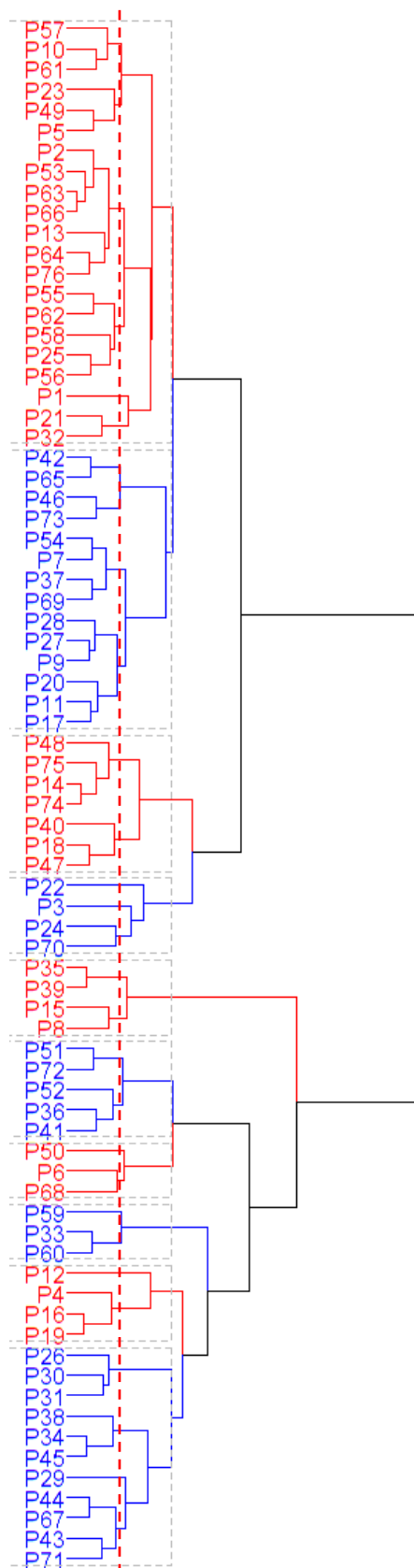


Figura 1. Dendrograma usando o método de ligação média entre grupos (UPGMA) envolvendo 76 progênies de açaizeiro com base em três características morfológicas.

Após a obtenção do dendrograma e a escolha das progênies a serem utilizadas na análise GGE biplot, tem-se na Tabela 2, o percentual acumulado de 88,87% nos dois primeiros eixos, inferiu elevada confiabilidade para compreender a variação total do desempenho do genótipo associado com a interação entre anos (G+GxA), aproximando-se as espécies amplamente domesticadas como pimenteiras (ABU et al., 2011 na produção de frutos frescos; em melão (DEHGHANI et al., 2012) em peso médio por fruto e número de frutos por planta; cajueiros (ALIYU et al., 2014) em número de amêndoas, produtividade e peso de amêndoas e; mandioca (PEPRAH et al., 2016) em produtividade de raiz, cujos dois eixos tiveram valor acumulado superior a 89%.

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

Parâmetros	Eixos Componentes				
	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5
Valor Singular	0,66	0,31	0,17	0,15	0,13
PE %	72,67	16,20	4,50	3,92	2,71
PA %	72,67	88,87	93,37	97,29	100,00
RI	3,63	0,81	0,23	0,20	0,14

Complementando, apoiado nos valores das relações de informação (RI) dos cinco primeiros eixos componentes (Tabela 2), apenas o primeiro eixo PC conteve padrão (RI acima de 1), ou seja, associações entre os anos, o segundo eixo apesar de possuir IR abaixo de 1, pode conter alguma informação independente, que podem ser importantes. Nos demais eixos os valores mostram que não contêm qualquer padrão ou informação, podendo-se considerar apenas os dois primeiros eixos na análise gráfica como suficiente para representar os padrões dos dados.

A Figura 2 (“which-won-where”) dos dados multi ambientes, definidos pelos anos, permite visualizar onde e em quais anos as progênies foram superiores e averiguar a existência de mega-ambientes diferentes em uma localidade. As progênies da população selecionadas pelo dendrograma foram P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P9, P10, P11, P12, P14, P18, P21, P22, P24, P25, P26, P29, P33, P34, P35,

P36, P42, P43, P44, P46, P50, P51, P59, P68, P70 e os cinco anos, A2009, A2010, A2011, A2012 e 2013.

As retas que saem da origem sugerem a formação de seis setores ou mega-ambientes, porém quatro anos compuseram um mega-ambiente e um ano compôs outro mega-ambiente, estando três sem a presença de anos. Ressaltando que pela localização da P8 e P35, estes foram as melhores para este período de avaliações, seguidas por P4, P26, P29, P34, P43 e P44. As demais não contribuíram positivamente para as médias e nem foram estáveis levando em consideração o conjunto de características FC, FSE e TM em todos os anos.

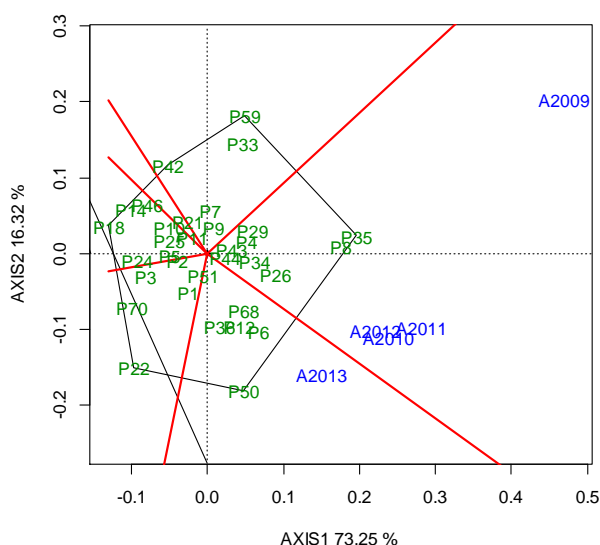


Figura 2. GGE biplot (“Which-won-where”) para multivariada entre FC, FSE e VS em progênies de açaizeiro, quais dos genótipos apresentaram melhor desempenho em que ambientes. As linhas vermelhas contínuas delimitam setores que definem os mega-ambientes.

O agrupamento da maioria dos anos compondo apenas um mega-ambiente foi distinto em comparação as pimenteiros em três anos por Abu et al. (2011); a produção de frutos de pêsego em três anos (Citadin et al. 2014); na produtividade em cajueiros, onde a distribuição de genótipos foi equitativa dentro dos mega-ambientes formados, com os genótipos presentes nos vértices do polígono próximos de ao menos um dos ambientes. Em morangueiro para produtividade já houve um comportamento distinto em que cada local compôs um mega-ambiente (Costa et al. 2016), assim como em mandioca (Peprah et al. 2016), não havendo dois locais num mesmo mega-ambiente. Desta forma

o mega-ambiente obtido não teve parâmetro comparativo similar nas referências existentes. Além disso, houve a presença de progênies que se enquadraram em setores com ausência de ambientes ou anos, semelhante ao observado por ALIYU et al. (2014), neste caso não tiveram especificidade com características intrínsecas aos aspectos que não sejam de controle genético.

Este aspecto de concentração de anos num mega-ambiente é interessante, pois destaca que não houve grandes diferenças entre os fatores ambientais, mas a dispersão menos homogênea das progênies demonstra distinção entre estas.

Apesar da maioria das progênies demonstraram estabilidade, existiram as que não apresentaram estabilidade, com contribuições positivas e negativas e o que se denota principalmente é que houve baixa adaptabilidade aos anos. Essas variações são comuns quando se estuda um grupo de genótipos distintos e, também ocorreram em outras espécies como em pimenteira (Abu et al. 2011), cajueiro (Aliyu et al. 2014), pêsego (Citadin et al. 2014), morangueiro (Costa et al. 2016) e mandioca (Peprah et al. 2016).

Denomina-se “eixo do ambiente-média” ou eam a linha reta contendo uma seta, que seria um ambiente médio (Figura 3). Ao ultrapassar a ponta da seta tem-se um desempenho médio superior entre as progênies avaliadas. A linha perpendicular ao eam indica que quanto maior a distância da origem maior a variabilidade de desempenho, com presença de menor estabilidade, em ambas as direções (Yan 2002; 2011).

Baseado nos valores médios do conjunto de características FC, FSE e VS as progênies foram classificadas desta forma: P35 > P8 > P26 > P34 > P6 > P29 > ... média geral > ... > P3 > P4 > P14 > P24 > P70 > P22 > P18. Entre os materiais que se destacaram, no caso as progênies P35 e P8, com desempenho acima da média, o interessante é que também foram estáveis, mostrando-se promissoras.

Os materiais mais estáveis são aqueles próximos do eixo PC1, sendo P35, P8, P4, P43, P44, P34, P25, P5, P2, P24, dentre estes mais estáveis os que contribuíram positivamente para as médias foram P35, P8, P4, P43 e P44, a progênies P6 também contribuiu positivamente para as médias, contudo teve baixa estabilidade.

Um “ideótipo” aquela planta perfeita buscada pelo melhoramento genético, pois apresenta alto desempenho médio e alta estabilidade em qualquer ambiente de teste. A visualização do GGE biplot “Média versus Estabilidade” é uma ferramenta eficaz para avaliar genótipos em ambos os aspectos (Yan et al. 2007; Yan 2011) e identificar aqueles que possam se aproximar do ideótipo. Baseado nestas informações na Figura 3 observa-se a presença de duas progêneses próximas ao buscado, identificadas como P8 e P35, contudo ainda não estando dentro da delimitação do círculo de ideótipo, distinto em relação as demais pesquisas com outras espécies onde os mais produtivos manifestaram menor estabilidade, por exemplo ao citado por Aliyu et al. (2014) que ao avaliar cajueiros para número, peso e produtividade de amêndoas. Quanto à dispersão dos materiais genéticos para as características FC, FSE e VC na multivariada, ocorreu uma leve concentração das progêneses próximo a origem das retas, distinto a apresentada em morangueiro (Costa et al. 2016) e mandioca (Peprah et al. 2016), cujas médias dos genótipos não se concentraram próximo da média dos mega-ambientes.

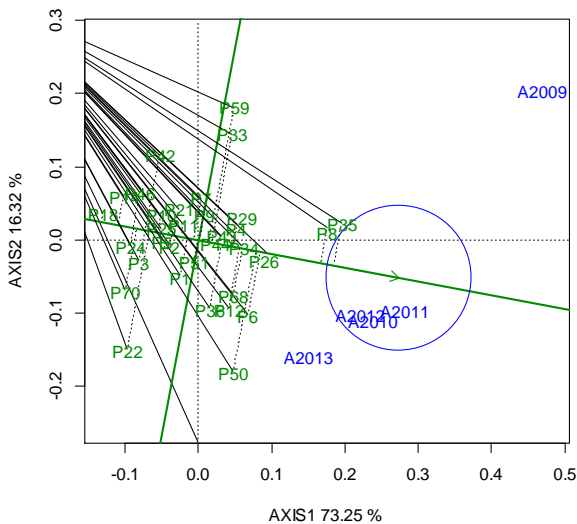


Figura 3. GGE biplot (“Média versus Estabilidade”) com eixo do ambiente-média (EAM) para mostrar o desempenho médio e estabilidade dos genótipos da análise multivariada entre FC, FSE e VS em progêneses de açaizeiro.

A Figura 4 ilustra um conceito importante em relação à estabilidade, o termo “estabilidade elevada” para uma progênie somente possui interesse se também apresentar desempenho acima da média, atendendo as informações de Yan e Tinker (2006) e Yan (2011) em relação a

este comportamento. Na figura o ideótipo é representado pelo centro de todos os círculos concêntricos, e, deste modo, as melhores progêneses são aquelas que estiveram nos círculos mais próximos do centro no eixo eam.

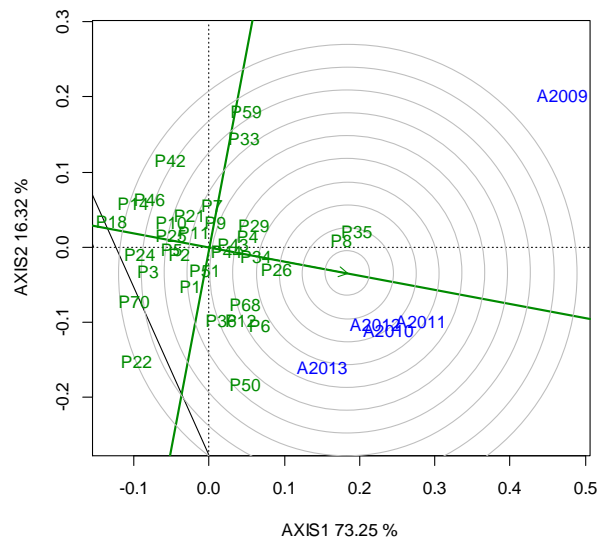


Figura 4. GGE biplot (com eixo do ambiente-média (EAM)) para classificar as progêneses de açaizeiro em relação ao ideótipo (no centro dos círculos concêntricos) da análise multivariada entre FC, FSE e VS.

Assim, confirma-se que as progêneses P8 e P35 aproximam-se do ideótipo neste conjunto de características, pois se encontram situadas nas proximidades do centro dos circuncírculos, podendo então ser consideradas como as progêneses buscadas neste conjunto de dados, em seguida, a melhor progênie foi P26, no próximo círculo tem-se P34, P4, P29 e P6 (Figura 4), contudo as duas primeiras neste círculo são mais desejáveis devido a suas melhores estabilidades.

Especificamente para os anos, o objetivo da avaliação do ambiente de teste é identificar aqueles que podem ser utilizados para selecionar genótipos superiores de forma eficaz num mega-ambiente ou neste caso se algum ambiente (ano) foi capaz de diferenciar de forma mais ampla os materiais genéticos avaliados e permitir a identificação daqueles de melhor desempenho. A visualização no GGE biplot (Figura 5) foi projetada com esta finalidade. Os anos que possuem vetores mais longos são mais discriminantes em relação às progêneses. Já quando anos ou progêneses possuem vetores curtos são menos discriminantes, o que significa que todos se tornam semelhantes, não podendo ser utilizados como um teste para diferenciação (Hongyu et al. 2015).

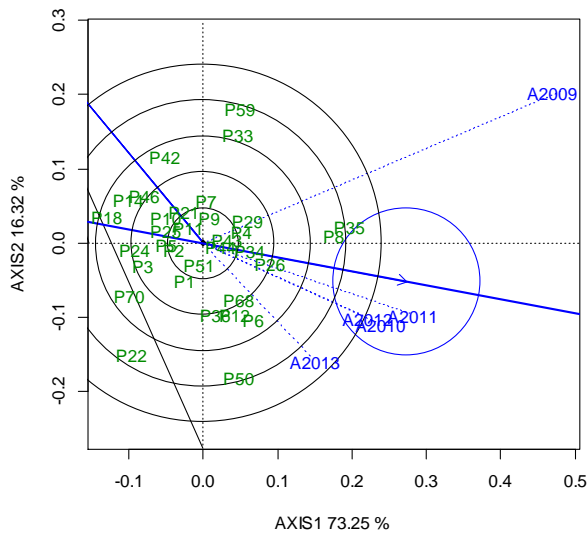


Figura 5. GGE biplot “discriminação e representatividade” para mostrar a capacidade de discriminação e representatividade dos ambientes de teste (anos) para multivariada entre FC, FSE e VS em progênies de açaizeiro.

Na multivariada entre FC, FSE e VS todos os anos, apresentaram vetores longos, significando que são mais discriminantes em relação as progênies (Figura 5), permitindo a manifestação das diferenças entre os diferentes materiais genéticos. Semelhantemente, Peprah et al. (2016) observou o mesmo comportamento em produtividade de mandioca, com ambientes possuindo vetores mais longos que a maioria dos genótipos, sendo semelhante também em relação a avaliação para número, peso e produtividade de amêndoas por planta em cajueiro observado por Aliyu et al. (2014).

Uma segunda utilidade da Figura 5 é indicar aquele ambiente, ou neste caso ano, que possa ser uma média representativa dos demais. Esses ambientes seriam aqueles que contêm valores dos fatores controláveis e não controláveis dentro de um intervalo médio entre todos os demais ambientes. Especificamente aqui o ano identificado como A2011, na Figura 5, teve o menor ângulo com eam (eixo do ambiente-média), podendo ser considerado como o mais representativo em relação aos demais e então reputados como o mais adequado de teste para a seleção de progênies adaptadas. Os demais ambientes também podem ser considerados com capacidade discriminante, possuindo capacidade de diferenciar as progênies, contudo não podem ser considerados como o representativo de todos, isso quer dizer que não representam os efeitos médios de todos os anos, sendo assim, possuem

utilidade para a triagem de progênies favoráveis especificamente em mega-ambientes; ou para seleção de progênies instáveis se o ambiente teste é um único mega-ambiente (Figura 5). Apoiado neste resultado pode-se verificar que os principais fatores extragenéticos que compõem os distintos anos devem ser também conhecidos, pois compõem condições intrínsecas, não controláveis e controláveis, como por exemplo, a precipitação total, as temperaturas médias, máximas e mínimas (Tabela1), que representam parcelas de contribuição ao componente da interação GxA, que foi importante para a diferenciação entre as progênies. Esses ambientes com suas variações geraram microclimas distintos e como reflexo também adaptabilidade e especificidade específicas de progênies configurando a distribuição nas Figuras perfeitamente normal, semelhante ao que citam Aliyu et al. (2014) trabalhando com diferentes ambientes em cajueiros.

Retornando às progênies iniciais, com relação as selecionadas para a análise GGE biplot pelo dendrograma. Com destaque para P8 e P35, tem-se no dendrograma a inclusão de P15 e P39. Com a consideração também das progênies P26, P34 e P4 como superiores, tem-se no dendrograma P30, P31, P38, P45, P16 e P19, podendo-se extrapolar o comportamento superior nestas progênies também.

CONCLUSÕES

Indubitavelmente o uso combinado do agrupamento pelo dendrograma seguido pela análise gráfica GGE Biplot mostram-se importantes e eficientes num quantitativo grande de progênies;

As melhores progênies foram P8 e P35, seguida por P15, P39, P26, P34, P4, P30, P31, P38, P45, P16 e P19;

Existe variabilidade genética pelas evidentes contribuições individuais distintas para a interação GxA e de efeitos ambientais, importante para o melhoramento genético;

O diferente comportamento das progênies entre anos mostra que o desenvolvimento das plantas influencia as respostas aos fatores ambientais, tornando importante nas pesquisas para se conhecer as exigências e respostas do açaizeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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. **Journal of Plant Breeding and Crop Science**, v. 3, n. 14, p. 382-390, 2011.
- 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.
- CARVALHO, A.V.; SILVEIRA, T.F.F.; MATTIETTO, R.A.; OLIVEIRA, M.S.P.; GODOY, H.T. Chemical composition and antioxidante capacity of açai (*Euterpe oleracea*) genotypes and commercial pulps. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.97, p.1467-1474, 2017. DOI: 10.1002/jsfa.7886.
- CITADIN, I.; SCARIOTTO, S.; SACHET, M.R.; ROSA, F.J.; RASEIRA, M.C.B.; WAGNER JÚNIOR, A. Adaptability and stability of fruit set and production of peach trees in a subtropical climate. **Scientia Agricola**, v. 71, n. 2, p. 133-138, 2014.
- 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 2020.
- COMEX DO BRASIL. **No Pará, produção de açai deve ter mais assistência técnica e investimentos, informa o Mapa. 2017**. Disponível em: <<https://www.comexdobrasil.com/no-para-producao-de-acai-deve-ter-mais-assistenciaticnica-e-investimentos-informa-o-mapa/>>. Acesso em: 13 mai 2020
- COSTA, A.F.; TEODORO, P.E.; BHERING, L.L.; LEAL, N.R.; TARDIN, F.D.; DAHER, R.F. Biplot analysis of strawberry genotypes recommended for the State of Espírito Santo. **Genetics and Molecular Research**, v. 15, n. 3, p. 1-9, 2016.
- CRUZ, C.D.; CARNEIRO, P.C.S.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético** (3. ed.). Viçosa: Editora UFV. 2014. 668 p.
- 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**, v. 92, n. 1, p. 77-85, 2012.
- FARIAS NETO, J. T. de; YOKOMIZO, G. K. I.; OLIVEIRA, M. do S. P. de; HONGYU, K. GGE Biplot para estabilidade e adaptabilidade em progênies de açazeiro de Anajás, PA. **Revista Agro@mbiente On-line**, Boa Vista, v. 12, n. 1, p. 409-417, 2018.
- FARIAS NETO, J.T.; RESENDE, M.D.V.; OLIVEIRA, M.S.P. Seleção simultânea em progênies de açazeiro irrigado para produção e peso do fruto. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.33, n.1, p.532-539, 2011. doi.org/10.1590/S0100-29452011000200025.
- GOMES JUNIOR, R.A.; GURGEL, F. de L.; PEIXOTO, L. de A.; BHERING, L.L.; CUNHA, R.N.V. da; LOPES, R.; PINA, A.J. de A.; VEIGA, A.S. Evaluation of interspecific hybrids of palm oil reveals great genetic variability and potential selection gain. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v.52, p.512-518, 2014.
- HONGYU, K.; SILVA, F. L.; OLIVEIRA, A. C. S.; SARTI, D. A.; ARAUJO, L. B.; DIAS, C. T. S. Comparação entre os modelos AMMI e GGE Biplot para os dados de ensaios multi-ambientais. **Revista Brasileira de Biomassa**, v. 33, n. 2, p. 139-155, 2015.
- IBGE **Produção Agrícola Municipal – PAM**, 2018. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1613>>. Acesso em: 13 abr. 2020
- MALOSETTI, M.; RIBAUT, J.-M.; EEUWIJK, F.A. van. The statistical analysis of multi-environment data: modeling genotype-by-environment interaction and its genetic basis. **Frontiers in Physiology**, v.4, article 44, 2013. DOI: 10.3389/fphys.2013.00044
- MENEZES, E.M.S. **Efeito da alta pressão hidrostática em polpa de açai pré-congelada (Euterpe oleracea, Mart.)**. Dissertação de Mestrado (Ciência e Tecnologia de Alimentos), Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ. 2005; 83p.
- MOURA ROCHA, S. M. B. De. Benefícios funcionais do açai na prevenção de doenças

- cardiovasculares. **Journal of Amazon Health Science**, v.1, n. 1, p. 1-10, 2015.
- 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 açai (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, S.C. de; GARCIA, W.S. A dinâmica do mercado de açai fruto no Estado do Pará: de 1994 a 2009. **Revista Ceres**, v. 60, n.3, p. 324-331, 2013.
- PAGLIARUSSI, M.S. **A cadeia produtiva agroindustrial do açai: estudo da cadeia e proposta de um modelo matemático**. Monografia. Universidade de São Paulo. São Carlos - SP: 2010; 66p.
- PEPRAH, B.B.; AGYEMAN, A.; PARKES, E.; KWADWO, O.; ISSAC, A.K.; EMMANUEL, O.; LABUSCHAGNE, M.T. Stability, agronomic performance and genetic variability of 10 cassava genotypes in Ghana. **Journal of Plant Breeding and Crop Science**, v. 8, n. 9, p. 157-167, 2016.
- PESSOA, J.D.C.; TEIXEIRA, G. H. de A. **Tecnologias para inovação nas cadeias euterpe**. Brasília, DF: Embrapa, 343p., 2012.
- PORTAL BRASIL, 2016. **Pará ganha programa para ampliar produção de açai**. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/ciencia-e-tecnologia/2016/01/para-ganhaprograma-para-ampliar-producao-de-acai>>. Acesso em: 13 mai 2020.
- R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2020. Disponível em: <[URL http://www.R-project.org/](http://www.R-project.org/)>. Acesso em: 20 abr 2020.
- RODRIGUES, E. C. N.; RIBEIRO, S. da C.; SILVA, F. L. da. Influência da cadeia produtiva do açai (Euterpe oleracea Mart.) na geração de renda e fortalecimento de unidades familiares de produção, Tomé Açu-PA. **Obeservatorio de la economía Latinoamericana**, n. 210, 2015a.
- RODRIGUES, P. L.; ALVES FILHOS, P.P.C.; GOMES, A.A.C.; SILVA, J.L. da; LIMA, D.A. **Atividades desenvolvidas pelas famílias no extrativismo do açai (Euterpe oleracea Mart.) em Ponta de Pedras-PA**. 2015, CONTECC, Fortaleza, CE, p.4, 2015b.
- SCHRECKINGER, M.E.; LOTTON, J.; LILA, M.A.; de MEJIA, E.G Berries from South America: a comprehensive review on chemistry, health potential, and commercialization. **Journal of Medicinal Food**, v. 13, n. 2, p. 233-246, 2010.
- SILVA, A.C.D.; SMIDERLE, O.J.; OLIVEIRA, J.M.F.; SILVA, T.J. Tamanho da semente e substratos na produção de mudas de açai. **Advances in Forestry Science**, v. 4, n. 4, p. 51-156, 2017.
- SILVESTRE, W.V.D.; PINHEIRO, H.A.; SOUZA, R.O.R.M.; PALHETA, L.F. Morphological and physiological responses of açai seedlings subjected to diferente watering regimes. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.20, n.4, p.364-371, 2016.
- SOUZA, M.O.; SANTOS, R.C.; SILVA, M.E.; PEDROSA, M.L. Açai (Euterpe oleraceae Martius): chemical composition and bioactivity. **Nutrire: Revista Sociedade Brasileira de Alimentação e Nutrição**, v.36, n.2, p.161- 169, 2011.
- TAVARES, G. dos S.; HOMMA, A. K. O. Comercialização do açai no Estado do Pará: Alguns comentários. **Revista Observatorio de la Economia Latino americana, Brasil**, n. 211, 2015.
- YAMAGUCHI, K.K.L.; PEREIRA, L.F.R.; LAMARÃO, C.V.; LIMA, E.S.; VEIGA-JÚNIOR, V.F. Amazon acai: Chemistry and biological activities: A review. **Food chemistry**, v. 179, p. 137-151, 2015.
- YAN, W. GGE Biplot vs. AMMI Graphs for Genotype-by-Environment Data Analysis. **Journal of the India Society of Agricultural Statistics**, New Delhi, v. 65, n. 2, p. 181-193, 2011.
- YAN, W. Singular-value partitioning in biplot analysis of multienvironment trial data. **Agronomy Journal**, Madison, v.94, n.5, p.990-996, 2002.
- YAN, W.; HUNT, L. A.; SHENG, Q.; SZLAVNICS, Z. Cultivar evaluation and

megaenvironment investigation based on GGE biplot. **Crop Science**, v.40, n. 3, p.597-605, 2000.

YAN, W.; KANG, M. S. **GGE Biplot Analysis: A Graphical Tool for Breeders, Geneticists, and Agronomists**. CRC Press, Boca Raton, FL, USA, 2003. 271p.

YAN, W.; KANG, M.S.; MA, B.; WOODS, S.; CORNELIUS, P.L. GGE Biplots vs. AMMI analysis of genotype-by-environment data. **Crop Science**, v.47, p.643-655, 2007.

YAN, W.; TINKER, A. Biplot analysis of multi environment trial data: principles and applications. **Canadian Journal of Plant Science**, v.86, n.3, p.623-645, 2006.

YOKOMIZO, G. K. I.; FARIAS NETO, J. T. de; OLIVEIRA, M. do S. P. de Ganho esperado na seleção de progênies de polinização aberta de *Euterpe oleracea* para produção de frutos. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 44, n. 109, p. 241-248, 2016a.

YOKOMIZO, G. K.-I.; MOCHIUTTI, S.; QUEIROZ, J. A. L. de; SANTOS, G. R. dos; FURTADO, R. G.; BRANDÃO, A. P.; COLARES, I. B. Estimativas de parâmetros genéticos para caracteres de frutos em açaizeiros no Amapá. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 3, p. 985-993, 2016b.

1- Autor correspondente. Agrônomo, Doutor, Genética e Melhoramento de Plantas, Embrapa Amapá, Macapá-AP, Brasil. Email: gilberto.yokomizo@embrapa.br

2- Matemático, Doutor, Estatística e Experimentação, Universidade Federal do Mato Grosso, Brasil.

3- Agrônomo, Doutor, Genética e Melhoramento de Plantas, Embrapa Amazônia Oriental, Belém-PA, Brasil.

4- Engenheiro Agrônomo, Mestre, Biodiversidade Tropical. IEPA (Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Amapá), Macapá-AP, Brasil.