

Avaliação do desempenho agrônômico de laranjeira Pera em diferentes porta-enxertos com uso de GGE Biplot na Região Amazônica

Agronomic performance evaluation from Pera orange trees in different rootstocks using GGE Biplot in Amazon region

Gilberto Ken Iti Yokomizo¹, Fabio de Lima Gurgel², Kuang Hongyu³, Walter dos Santos Soares Filho⁴, Eduardo Augusto Girardi⁴, Orlando Sampaio Passos⁴

¹ Embrapa Amapá – Macapá, AP, Brasil; ² Embrapa Amazônia Oriental – Belém, PA, Brasil; ³ Universidade Federal do Mato Grosso (UFMT) – Cuiabá, MT, Brasil; ⁴ Embrapa Mandioca e Fruticultura – Cruz das Almas, BA, Brasil.

Yokomizo, G. K. I.*
gilberto.yokomizo@embrapa.br
<https://orcid.org/0000-0002-3790-4981>

Gurgel, F. de L.
fabio.gurgel@embrapa.br
<https://orcid.org/0000-0002-5549-3354>

Hongyu, K.
kuang_hongyu@hotmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-8320-9074>

Filho, W. dos S. S.
walter.soares@embrapa.br
<https://orcid.org/0000-0001-5410-3740>

Girardi, E. A.
eduardo.girardi@embrapa.br
<https://orcid.org/0000-0003-4839-5227>

Passos, O. S.
orlando.passos@embrapa.br
<https://orcid.org/0000-0002-0851-6541>

* **Autor correspondente:** Embrapa Amapá, Rod. Josmar Chaves Pinto, 2600, CEP 68903-419, Bairro Universidade, Macapá, AP.

Resumo: O Brasil com dimensão continental, produz diferentes interações entre os genótipos e fatores ambientais (interação GxA), necessitando de estudos em novos locais onde a laranja será plantada. Portanto, este trabalho foi realizado com o objetivo de analisar a interação GxA empregando a metodologia GGE Biplot. O experimento foi realizado com enxerto de laranja pera sobre seis diferentes porta-enxertos na região amazônica, Estado do Pará, usando o delineamento de blocos casualizados com quatro repetições. Os caracteres avaliados foram: ALT: altura da planta; NBRO: número de brotos; DAC: diâmetro acima da cicatriz de enxertia; DAB: diâmetro abaixo da cicatriz de enxertia e; VIG: vigor das plantas. Os resultados indicam que dois eixos PCs garantem confiabilidade nas análises realizadas; para a comparação média versus estabilidade em ALT, DAB, DAC e VIG se destaca T16; para NBRO destaca-se T7 e T10 e especificamente para o ideótipo se destaca T16. As principais conclusões são de que há variabilidade genética para fins de seleção; para NBRO, que reflete o potencial produtivo, T7 e T10 dentre os materiais genéticos avaliados são os melhores e T16 baseado nos caracteres em estudo, é que mais se aproxima de um ideótipo.

Palavras-chave: Adaptabilidade, Análise gráfica, *Citrus sinensis* L. Osbeck., Estabilidade, Melhoramento genético de perenes.

Abstract: The Brazil with continental dimension, produce different interactions between genotypes and environmental factors (GxE interaction), requiring studies in new location where the orange will be cultivated. Therefore, this work was carried out with the objective of GxE interaction analyze by the GGE Biplot methodology. The experiment was carried out with pear orange grafts on six different rootstocks in the amazon region, Para State, using a randomized block design with four replications. The evaluated characters were: ALT: plant height; NBRO: number of shoots; DAC: diameter above the grafting scar; DAB: diameter below the grafting scar and; VIG: plant vigor. The results indicate that two PC axes ensure reliability in the analyses performed; for the mean versus stability comparison in ALT, DAB, DAC and VIG, T16 stands out; for NBRO, T7 and T10 stand out, and specifically for the ideotype, T16 stands out. The main conclusions are that there is genetic variability for selection purposes; according to NBRO, which reflects productive potential, T7 and T10 are the best among the genetic materials evaluated, and T16, based on the characters under study, is the closest to an ideotype.

Keywords: Adaptability, Graphical analysis, *Citrus sinensis* L. Osbeck., Stability, Genetic improvement of perennials.

INTRODUÇÃO

A fruticultura é um importante segmento econômico brasileiro, ultrapassando uma produção de 41 milhões de toneladas, em uma área de cultivo de aproximadamente 2,6 milhões de hectares, ou seja, apenas 0,3% do território nacional. Envolvendo mais de 940 mil estabelecimentos agropecuários em todas as regiões do país, 81% destes se enquadram como agricultura familiar. No ano de 2021, a fruticultura empregou 193,9 mil trabalhadores formais, tendo um aumento de 9% em relação ao ano de 2020. Importante também ressaltar que o número de trabalhadores na fruticultura em 2021 corresponde a 11,5% do total de postos de trabalho na agropecuária (Fonseca, 2022).

Deste segmento da produção agrícola brasileira, tem-se as laranjas pertencentes a família Rutaceae, sendo classificadas como frutas cítricas não climatéricas, com vasta distribuição mundial, predominantemente nas regiões tropicais e subtropicais (Appelhans et al., 2021). Para o Brasil, elas produzem um relevante desempenho ao alçar o país como o segundo maior produtor global de frutas cítricas, gerando mundialmente um reconhecido status como o maior produtor de laranjas e o maior exportador de suco (Castro & Podesta, 2024; Rehman et al., 2020).

A laranja doce, *Citrus sinensis* L. Osbeck, é a espécie de citros mais cultivada e é originada provavelmente no Sudeste Asiático, especialmente na província de Yunnan, China (Wu et al., 2014), onde é considerada produto com grande potencial de cultivo e exportação, sendo esta planta de fácil adaptação às condições climáticas e solo. Foi historicamente introduzida no Brasil no início da colonização, encontrando ótimas condições para seu cultivo. Além disso, sua produção e colheita ocorre na maior parte do ano, onde cada espécie possui o seu próprio período específico (Coelho et al., 2019; Neves & Trombim, 2017). Sendo a variedade 'Pera' a cultivar de laranja mais importante do país, conhecida por seu alto desempenho agrônomo, qualidade do suco, doçura e acidez suave, tornando-a mais desejada pelos consumidores (Futch & Ferrarezi, 2019; Stuchi et al., 2020).

Torna-se conveniente citar que a indústria de citros no Brasil não apenas contribui economicamente para

o PIB agrícola, mas é responsável em gerar empregos diretos e indiretos em diversas etapas da cadeia produtiva, perpassando de antes do cultivo até a industrialização e exportação do produto final (Fundo de Defesa da Citricultura [Fundecitrus], 2020), principalmente pelas colheitas das laranjas continuarem sendo manuais, exigindo trabalhadores durante todo o processo, conforme citado em Citrus BR (2022).

Especificamente na região Norte do Brasil, o Estado do Pará se destacou em 2021 colheu laranjas numa área de 14.200 ha, atingindo uma produção de 233.051 toneladas, com um valor econômico de R\$ 115.618 mil e rendimento médio de 16412 kg/ha. Sendo, portanto, o maior produtor da região Norte, que tem como números para área colhida de 18.216 ha, com uma produção de 292.204 toneladas, gerando R\$ 212.854 mil, e rendimento de 16.041 kg/ha, percebe-se que o Pará representa quase a totalidade da região Norte (IBGE, 2024).

As dimensões continentais do Brasil geram inúmeras condições ambientais distintas, que por sua vez, produzem diferentes expressões fenotípicas, ou seja, de aparências e desempenhos, por ser resultado da ação do genótipo sob a influência do meio ambiente e um efeito adicional, denominado como interação genótipo x ambiente (GxA) (Eeuwijk et al., 2016). Assim, para que se possa recomendar as cultivares ou variedades para cada região do país são necessários estudos detalhados sobre o comportamento genotípico em cada local que se deseja plantar (Chaves, 2001). A interação GxA gera diferentes desempenhos, devido a capacidade de adaptação do genótipo às condições às quais ele é submetido, sendo que o melhorista de plantas deve através de análises adequadas inferir como é a melhor forma de contornar ou explorar seus efeitos, obtendo cultivares com melhor adaptação e/ou estabilidade, conseguindo-se melhores produtividades regionais (Borém et al., 2017).

Uma metodologia que pode ser empregada no estudo da interação GxA, são os biplots GGE, ao permitir examinar o rendimento localizado de variedades de teste, as respectivas adaptabilidades regionais. Portanto, são adequados para comparar intuitivamente o desempenho de diferentes materiais genéticos em várias localidades (Akinwale et al., 2014). O GGE Biplot representa uma análise multifuncional

e ajustável que além de permitir selecionar materiais genéticos por meio de representações gráficas de forma simples e eficiente (Yan, 2014), também proporciona analisar particularidades como a ordenação dos mega ambientes, os genótipos e ambientes ideais, e os ambientes com maior representatividade e capacidade discriminativa, assim como uma verificação mais simples do comportamento dos genótipos avaliados (Yan, 2015). Portanto, os biplots são tidos como gráficos de interpretação simples, que mostram o desempenho dos genótipos e, assim como, as inter-relações entre várias características.

Fundamentado nestas informações, este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar os efeitos da interação genótipo x ambiente (GxA) em dados de precocidade de clones de laranja enxertado em combinações de diferentes porta-enxerto nas condições de Capitão Poço, Pará, pretendendo distinguir os que possuem desempenho superior entre os materiais testados e que, em consequência disso, poderiam ser os recomendados para uso pelos produtores rurais.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi implantado em 2015 numa propriedade rural do município de Capitão Poço, situado na região nordeste do estado do Pará, na propriedade denominada de Fazenda Ornela, estando nas coordenadas geográficas de 01°44'47" S e 47°03'57" O. O município de Capitão Poço apresenta uma variação média de temperatura que varia de 25,7 a 26,9 °C, com média anual de 26,2 °C. Conforme a classificação de Köppen, o clima da região pertence ao tipo Am (tropical de altitude), com precipitação anual em torno de 2.500 mm, tendo uma curta estação seca entre setembro e novembro (precipitação mensal em torno de 60 mm), e umidade relativa do ar entre 75 e 89 % nos meses com menor e maior precipitação, respectivamente (Schwart, 2007).

A área experimental foi instalada utilizando o delineamento de blocos casualizados, envolvendo como tratamento seis diferentes porta-enxertos identificados na Tabela 1, com quatro repetições e a parcela tendo de 2 até 20 plantas vivas, totalizando um estande de 379 plantas.

Tabela 1
Identificação dos porta-enxertos com laranja "pera" [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck]. Fazenda Ornela, Capitão Poço, PA

Nº	Descrição
T1	Cravo Santa Cruz (C. limonia Osbeck)
T7	Híbrido LVK (limoeiro 'Volkameriano' C. volkameriana V. Ten. & Pasq.) x LCR (limoeiro 'Cravo') - 010
T8	Tangerineira 'Sunki Tropical' [C. sunki (Hayata) hort. ex Tanaka]
T10	Citrandarin 'San Diego' (TSK x TRENG - 314)
T13	TSKC {tangerineira 'Sunki' comum [C. sunki (Hayata) hort. ex Tanaka]} x CTSW [citrumelo 'Swingle' C. paradisi Macfad. x Poncirus trifoliata (L.) Raf.] - 033
T16	Citrandarin 'Riverside' (TSKC x TRENG - 264)

Os caracteres avaliados foram:

- ALT: altura da planta, medida a partir da base do caule até o último par de folhas, em m;
- NBRO: número de brotos, se deu pela contagem visual na planta;
- DAC: diâmetro acima da cicatriz de enxertia, avaliado 5 cm acima da linha de enxertia, medido em centímetros;
- DAB: diâmetro abaixo da cicatriz de enxertia, avaliado 5 cm acima da linha de enxertia, medido em centímetros;
- VIG: vigor das plantas, determinado por uma escala de notas para a coloração folhas, onde a nota 1 representava plantas de baixo vigor, 2 plantas de vigor intermediário e 3 plantas vigorosas.

Os anos corresponderam aos anos de 2015, 2016, 2017 e 2018, cujas avaliações objetivaram especificamente em determinar o desenvolvimento vegetativo neste período.

O método GGE Biplot, segundo Yan et al. (2000) considera o efeito principal da combinação enxerto/porta-enxerto e da sua interação com os anos, sendo estes importantes e considerados concomitantemente. O modelo GGE Biplot mantém juntos G com GxA no forma de dois termos multiplicativos, conforme a equação:

$$Y_j - \bar{y}_j = y_1 \hat{a}_{1j} \hat{n}_{j1} + y_2 \hat{a}_{2j} \hat{n}_{j2} + \hat{a}_j$$

onde $\bar{Y}_j$ simboliza o desempenho médio da i-ésima combinação enxerto/porta-enxerto no j-ésimo ano; $\bar{y}_j$ simboliza a média geral das combinações enxerto/porta-enxerto para o ano j; $y_{1\hat{a}_{11}\hat{n}_{j1}}$ é o primeiro componente principal (IPCA1); $y_{2\hat{a}_{12}\hat{n}_{j2}}$ é o segundo componente principal (IPCA2); Y_1 e Y_2 são os autovalores associados ao IPCA1 e IPCA2, respectivamente; $\hat{a}_{11}$ e $\hat{a}_{12}$ representam os escores do primeiro e segundo componente principal, respectivamente, da i-ésima combinação enxerto/porta-enxerto; $\hat{n}_{j1}$ e $\hat{n}_{j2}$ são os escores do primeiro e segundo componente principal, respectivamente, para o j-ésimo ano; $\hat{a}_j$ equivale ao erro do modelo associado com a i-ésima combinação enxerto/porta-enxerto no j-ésimo ano (Yan & Kang, 2003).

Foi estimada também a relação de informação (RI) proposta por Yan e Tinker (2006) para aferir se o biplot consegue se adequar em exibir os padrões de uma tabela de dupla entrada. A relação é interpretada com base em cada eixo PC (eixo da interação da análise de componentes principais) onde $RI \geq 1$ ou no mínimo próximo de 1, contém padrões (associações entre safras), e um PC onde o $RI < 1$ indica a 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 a soma dos dois primeiros PCs apresentarem $RI \geq 1$ ou no mínimo próximo de 1.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela 2 é referente ao resumo da análise de variância para a análise GGE Biplot, tendo resultado principal os valores percentuais da contribuição dos eixos componentes (PCs) no desempenho das combinações enxerto/porta-enxerto, doravante intitulada como tratamento. Sendo que um limite percentual estipulado por Yang et al. (2009) é que pelo menos a soma dos dois primeiros eixos (VA%) atinja um valor mínimo de 60%, o que garante que a variação capturada pelos eixos garanta confiabilidade em relação ao particionamento do desempenho dos tratamentos relacionado com a interação entre anos (G+GxA) em comparação a variação total.

Tabela 2

Autovalores, variância explicada (Ve%), variância explicada acumulada (Va%) e relação de informação (RI), considerando os quatro primeiros componentes principais (PCs), em laranja. Fazenda Lima, precocidade laranjas

caracteres	Parâmetros	PC1	PC2	PC3	PC4
ALT	Autovalor	52,22	15,36	5,95	1,52
	Ve %	90,85	7,86	1,18	0,08
	Va %	90,85	98,71	99,89	99,97
	RI	3,64	0,31	0,05	0,01
NBRO	Autovalor	1,22	0,61	0,24	0,19
	Ve %	75,88	19,11	2,88	1,89
	Va %	75,88	94,99	97,87	99,76
	RI	3,04	0,77	0,12	0,08
DAB	Autovalor	13,53	1,70	1,25	0,62
	Ve %	97,40	1,53	0,83	0,21
	Va %	97,40	98,93	99,76	99,97
	RI	,90	0,06	0,03	0,01
DAC	Autovalor	13,73	1,44	0,85	0,59
	Ve %	98,33	1,08	0,38	0,18
	Va %	98,33	99,41	99,79	99,97
	RI	3,93	0,04	0,02	0,01
VIG	Autovalor	0,88	0,38	0,26	0,05
	Ve %	78,15	14,44	7,07	0,26
	Va %	78,15	92,59	99,66	99,92
	RI	3,13	0,58	0,28	0,01

Nota: ALT: altura da planta; NBRO: número de brotações; DAB: diâmetro do caule abaixo da cicatriz de enxertia; DAC: diâmetro do caule acima da cicatriz de enxertia e; VIG: vigor da planta.

Pelos valores da variância explicada de cada eixo e seu somatório acumulado (VA%) percebe-se que com somente os dois primeiros eixos atinge-se um total acima de 90% (Tabela 2), sinal de que pode adotar com segurança um modelo gráfico com dois eixos (PC1 e PC2), por ser suficiente para representar o desempenho dos tratamentos e do efeito da contribuição nas médias das diferentes safras, somatórios acima dos obtidos no trabalho de Carvalho et al. (2020). Por conseguinte, tem-se que então foi possível descartar efeitos oriundos de distorções chamados de ruídos ou de efeitos estocásticos, que não são herdáveis, mas que apenas dificultam a interpretação dos gráficos biplots gerados (Maia et al., 2019).

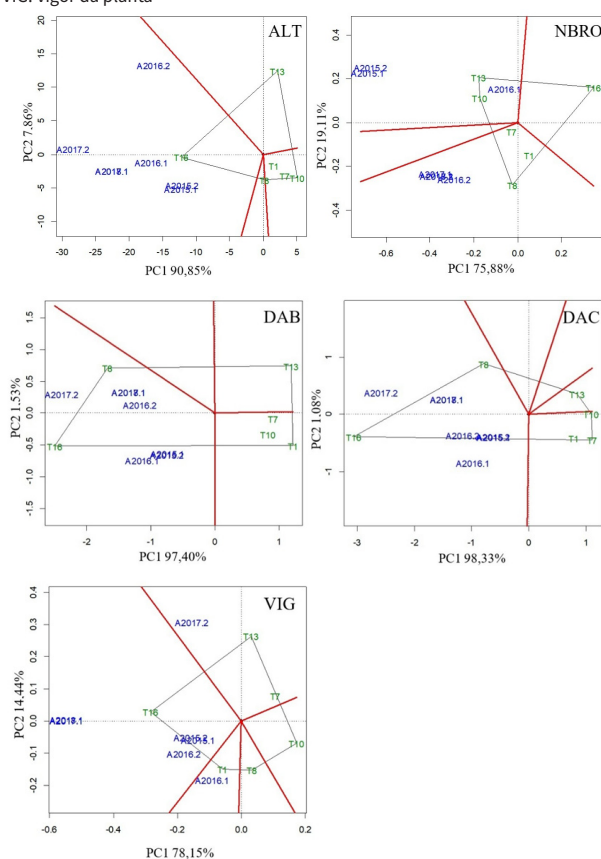
A relação de informação (RI) na Tabela 2, é um indicativo de quais eixos PCs contém aspectos representativos dos padrões dos dados. Pode se considerar que um

biplot de dimensão 2 é suficiente e capaz de representar adequadamente os padrões dos dados, pois observa-se o primeiro eixo PC em todos os caracteres com estimativa acima da unidade, validando a análise GGE Biplot.

A constituição de mega-ambientes é importante para agrupar aqueles que mais se assemelharam e verificar a distribuição dos tratamentos nestes. Para o caráter ALT (Figura 1), as retas com origem no centro, constituem quatro mega-ambientes, com todos os anos, responsáveis pelos efeitos estocásticos (aleatórios e não controláveis), compondo um mega-ambiente, havendo apenas o T16 apresentando especificidade para estes anos. Os demais tratamentos não apresentaram especificidade com anos, compondo mega-ambientes distintos.

Figura 1

Indicativo de quais das progênes apresentaram melhor desempenho e em que anos pelo GGE biplot (“Which-won-where”) para os caracteres em combinações de enxerto/porta-enxertos em laranja. As linhas vermelhas contínuas delimitam setores que definem os mega-ambientes. Sendo ALT: altura da planta; NBRO: número de brotações; DAB: diâmetro do caule abaixo da cicatriz de enxertia; DAC: diâmetro do caule acima da cicatriz de enxertia; e VIG: vigor da planta



Para NBRO (Figura 1) quatro mega-ambientes, seguindo padrão citado por Gauch e Zobel (1996), foram compostos, sendo que dois apresentaram o efeito dos anos e com tratamentos com especificidade a estes anos, somente T16 não apresentou especificidade. A especificidade indica que características intrínsecas dos anos interagiram de maneira mais intensa na manifestação do caráter. Para DAB e DAC foram compostos quatro mega-ambientes, estando todos os anos compondo um destes e com os tratamentos T8 e T16 com especificidade a estes anos. Para VIG nota-se a composição de um mega-ambiente a mais que nos demais caracteres, sendo cinco no total, havendo anos em três destes e tratamentos com especificidade a estes. Desta forma, houve maior especificidade para NBRO e VIG com determinados anos, ou seja, aspectos inerentes a casa um dos anos gerou manifestações distintas entre os tratamentos, devido interações diferenciadas entre estes.

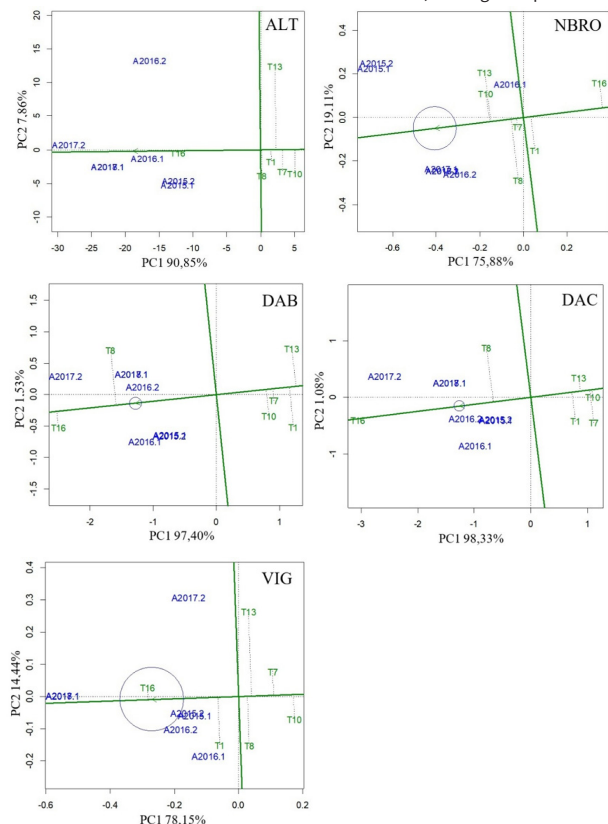
Além disso, os tratamentos situados no vértice do polígono em uma seção de biplot onde há pelo menos um ano são aqueles com melhor desempenho para aquela condição (Oladosu et al., 2017), desta forma, T16 se destacou para ALT, DAB, DAC e VIG nos anos de avaliação, havendo distintos destaques para anos específicos nos caracteres em estudo.

Para o gráfico “discriminação e representatividade” os ambientes com vetores mais longos são aqueles possuidores de características intrínsecas que permitem produzir condições para visualizar a diferenciação discriminativa dos tratamentos em estudo (Santos et al., 2017), já no oposto àqueles com vetores mais curtos são considerados como menos discriminantes, com pouca ou nenhuma informação (Yan, 2016) capaz de gerar alguma diferenciação. Sobre a representatividade, ou seja, capaz de representar a média de todo o conjunto, intitulado como ambiente de teste, é o que possui um ângulo menor em relação ao eixo EAM (linha que passa pelo ambiente médio e a origem biplot). Sendo este comportamento relacionado a amplitude de contribuição das combinações enxerto/porta-enxerto e anos são apresentadas na Figura

Evidência, 2026, v. 26, p. 1-10

Figura 3

Desempenho médio e estabilidade dos tratamentos pelo GGE biplot (“Média versus Estabilidade”) com eixo do ambiente-média (EAM) em diferentes enxertos/porta-enxertos de laranja pera. Sendo ALT: altura da planta; NBRO: número de brotações; DAB: diâmetro do caule abaixo da cicatriz de enxertia; DAC: diâmetro do caule acima da cicatriz de enxertia e; VIG: vigor da planta



No caráter NBRO (Figura 3) somente T10 apresentou contribuição positiva e certa estabilidade, seguido por T13, enquanto T16 já se mostra inferior entre todos os materiais avaliados. Para DAB e DAC, o porta-enxerto T16 se destacou, seguido por T8 com menor estabilidade e por último para VIG o tratamento T16 se destacou, seguido por T1, porém este segundo com indicativo de baixa estabilidade. Portanto excetuando-se no caráter NBRO, o tratamento T16 é o de melhor desempenho entre os porta-enxertos avaliados.

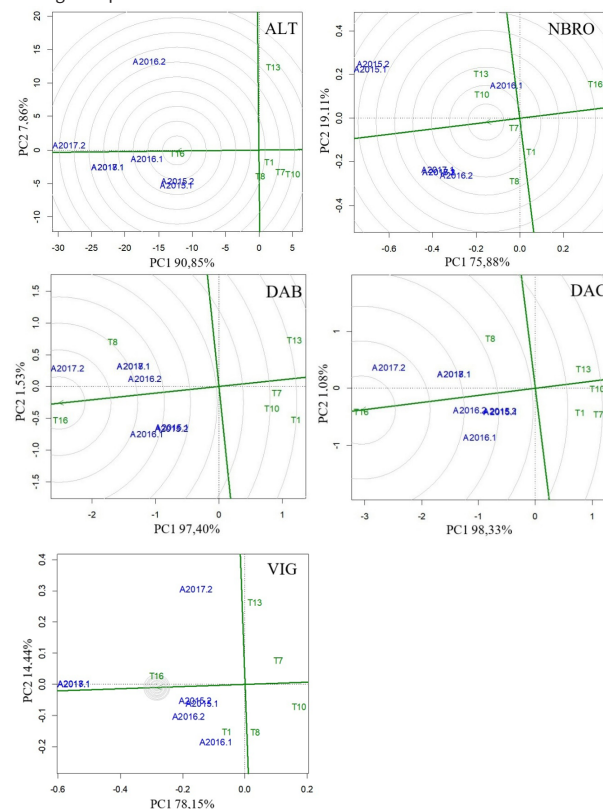
Nos programas de melhoramento genético é almejado se encontrar entre todas as plantas avaliadas aquelas que se destaquem, possuindo desempenho acima da média e que tenham alta estabilidade, aquele com o melhor desempenho recebe o nome de “ideótipo”, sendo de forma simplória uma planta perfeita, que na realidade se baseia num modelo hipotético ou representativo de um ideal, onde sua identificação é o referencial no teste do restante dos materiais genéticos (Trethowan, 2014).

A metodologia aqui empregada, denominada de análise gráfica GGE Biplot “Média versus Estabilidade” ao conciliar singularidade de desempenho e estabilidade (Yan, 2011; Yan et al., 2007; Yan & Tinker, 2006) permite visualizar aqueles indivíduos que se aproximem do ideótipo desejado. Esse ideótipo no GGE Biplot (Figura 3) está representado no ponto central dos círculos concêntricos e, todos os que se plotarem nos primeiros circuncírculos também são interpretados como promissores.

Na identificação do ideótipo, para ALT (Figura 4) o porta-enxerto T16 foi especificado como a melhor combinação enxerto/porta-enxerto e exatamente sobre o ponto que determina o indivíduo almejado, conciliando desempenho com estabilidade, seguido por T1 e T8, mas estes estando muito distantes do centro dos primeiros circuncírculos, provavelmente devido apresentarem especificidade aparente a determinados anos e/ou menores estabilidade.

Figura 4

Classificação dos tratamentos em relação ao ideótipo (no centro dos círculos concêntricos) pelo GGE biplot com eixo do ambiente-média (EAM) em diferentes enxertos/porta-enxertos de laranja pera. Sendo ALT: altura da planta; NBRO: número de brotações; DAB: diâmetro do caule abaixo da cicatriz de enxertia; DAC: diâmetro do caule acima da cicatriz de enxertia e; VIG: vigor da planta.



Para NBRO (Figura 4) os tratamentos T7 e T10 visualmente são os melhores, situando-se nas imediações do primeiro circuncírculo, sem a observação de algum exatamento sobre o ideótipo, isso indica que apesar de se destacarem podem apresentar problemas de estabilidade e de especificidade a determinados anos. Neste caráter é importante ressaltar com base nos resultados de Malikouski et al. (2022), Gurgel et al. (2023) e Prasanna et al. (2023), a existência de correlação positiva com a produtividade, permitindo inferir que porta-enxertos que permitam melhores valores de NBRO refletem em melhores produtividade.

O comportamento observado em VAC e VDC é de superioridade de T16, seguido por T8, muito próximo ao observado em ALT também. Já para VIG deve-se considerar apenas T16, estando os demais tratamentos muito distantes do centro onde se localiza o ideótipo.

As demais combinações enxerto/porta-enxerto se situaram longe do primeiro circuncírculo indicando que o desempenho destes não é adequado, sendo abaixo do necessário para ser um ideótipo, ou seja, de uma planta perfeita.

O comportamento referente a dispersão dos tratamentos nos gráficos corrobora com o afirmado de que no cultivo de plantas de laranja (combinações enxerto/porta-enxertos), de que há extensa escala de comportamentos diferenciados para características das plantas, como a qualidade e quantidade de o fruto, o vigor e o tamanho da planta, a tolerância a fatores abióticos e resistência/tolerância a fatores bióticos (Medina et al., 2005; Santana et al., 2018).

Graficamente a presença da interação GxA oriundo da genética das plantas e os componentes ambientais, é baseada num padrão de dispersão indicando a presença de materiais com maior estabilidade, produtividade e se aproximando do ideótipo permitindo a escolha de combinações enxerto/porta-enxertos promissores. Ressaltando portanto, que os resultados obtidos aqui são totalmente condizente aos citados nos trabalhos de Carvalho et al. (2020), Ferrer et al. (2022), Huang et al. (2020) e Singh et al. (2023).

CONCLUSÕES

Como há dispersão nos gráficos para os tratamentos, se permite inferir, com isso, que há materiais genéticos com variabilidade para fins de seleção.

Para NBRO, que reflete o potencial produtivo, T7 e T10 mostraram-se como os porta-enxertos mais promissores dentre os demais aqui avaliados, apesar de inferiores em relação aos demais caracteres em estudo.

Apesar de se desejar altura de planta menor, o porta-enxerto T16 mostrou-se superior em quase todos os caracteres dentro do conjunto de materiais genéticos avaliados, com melhor desenvolvimento se aproximando do ideótipo.

Conflitos de interesses

Os autores não possuem conflitos de interesse a declarar

REFERÊNCIAS

- Akinwale, R., Fakorede, M., Badu-Apraku, B., & Oluwaranti, A. (2014). Assessing the usefulness of GGE biplot as a statistical tool for plant breeders and agronomists. *Cereal Research Communications*, 42(3), 534-546. <http://dx.doi.org/10.1556/CRC.42.2014.3.16>
- Appelhans, M. S., Bayly, M. J., Heslewood, M. M., Groppo, M., Verboom, G. A., Forster, P. I., Kallunki, J. A., & Duretto, M. F. (2021). A new subfamily classification of the Citrus family (Rutaceae) based on six nuclear and plastid markers. *Taxon*, 70(5), 1035-1061. <https://doi.org/10.1002/tax.12543>
- Borém, A., Miranda, G. V., & Fritsche-Neto, R. (2017). *Melhoramento de Plantas*. (7ª ed., v. 1). Editora UFV.
- Carvalho, H. W. L. de, Teodoro, A. V., Barros, I. de, Carvalho, L. M. de, Soares Filho, W. dos S., Girardi, E. A., Passos, O. S., & Pinto-Zevallos, D. M. (2020). Root-stock-related improved performance of 'Pera' sweet orange under rainfed conditions of Northeast Brazil. *Scientia Horticulturae*, 263, 109148. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.109148>
- Castro, C., & Podesta, N. (2024). *Citrus Annual (Report No. BR2023-0036)*. U.S. Department of Agriculture, Foreign Agricultural Service. Washington, D.C. https://citrusindustry.net/wp-content/uploads/2024/01/Citrus-Annual_Brasilia_Brazil_BR2023-0036.pdf

- Chaves, L. J. (2001). Interação de genótipos com ambientes. In: L. L. Nass, A. C. C. Valois, I. S. Melo, M. C. Valadares-Inglis (Eds.), *Recursos Genéticos & Melhoramento de Plantas*. (pp. 673-713). Fundação de Apoio à Pesquisa Agropecuária de Mato Grosso.
- CITRUS BR (2022). *Associação Nacional dos Exportadores de Sucos cítricos*. <https://citrusbr.com/noticias/geracao-de-empregos-na-citricultura-cresce-17-em-2021/>
- Coelho, B. E. S., Duarte, V. M., Silva, L. F. M., Sousa, K. S. M., & Figueiredo Neto, A. (2019). Atributos físico-químicos de frutos de laranja pêra produzidos sob sistema de cultivo orgânico e convencional. *Revista Brasileira de Meio Ambiente*, 5(1), 128-137. <https://revistabrasileirademeioambiente.com/index.php/RVBM/article/view/180>
- Eeuwijk, F. A. V., Bustos-Korts, D. V., & Malosetti, M. (2016). What should students in plant breeding know about the statistical aspects of genotype × environment interactions?. *Crop Science*, 56, 2119-2140. <http://dx.doi.org/10.2135/cropsci2015.06.0375>
- Ferrer, V., Paymal, N., Quinton, C., Costatino, G., Paoli, M., Froelicher, Y., Ollitrault, P., Tomi, F., & Luro, F. (2022). Influence of the Rootstock and the Ploidy Level of the Scion and the Rootstock on Sweet Orange (*Citrus sinensis*) Peel Essential Oil Yield, Composition and Aromatic Properties. *Agriculture*, 12, 214. <https://doi.org/10.3390/agriculture12020214>
- Fonseca, L. A. B. V. (2022). Brazilian fruit farming: Diversity and sustainability to feed Brazil and the World. *AgriSustainability Matters*, 8, 8. <https://sistemas.mre.gov.br/kitweb/datafiles/Londres/en-us/file/ASMatters-08.pdf>
- Fundo de Defesa da Citricultura [FUNDECITRUS]. (2024). *Relatório Anual da Citricultura Brasileira*. Disponível em: <http://www.fundecitrus.com.br>
- Futch, S. H., & Ferrarezi, R. S. (2019). *Inside Brazil's citrus industry*. Citrus Industry. <https://citrusindustry.net/2019/12/12/inside-brazils-citrus-industry/>
- Gauch, H. G., & Zobel, R. W. (1996). AMMI analysis of yield trials. In: M. S. Kang, & H. G. Gauch (Eds.), *Genotype-by-environment Interaction*. (pp. 85-122). CRC Press, Boca Raton, FL.
- Gurgel, F. de L., Marigulele, K. H., Yokomizo, G. K. I., Andrade Neto, R. de C., Girardi, E. A., Passos, O. S., & Soares Filho, W. dos S. (2023). Early rootstock selection under 'tahiti' acid lime crown in Capitão Poço, Pará State, Brazil. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 46(1), e63302. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v46i1.63302>
- Huang, L., Grosser, J., Gmitter, F. G., Sim, C. A., & Wang, Y. (2020). Effects of Scion/Rootstock Combination on Flavor Quality of Orange Juice from Huanglongbing (HLB)-Affected Trees: A Two-Year Study of the Targeted Metabolomics. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 68(10), 3286-3296. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.9b07934>
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística [IBGE]. (2024). *PAM – Produção Agrícola Municipal 2021*. IBGE. <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9117-producao-agricola-municipal-culturas-temporarias-e-permanentes.html?=&t=resultados>
- Maia, M. C. C., Almeida, A. S., Araujo, L. B., Dias, C. T. S., Oliveira, L. C., Yokomizo, G. K. I., Rosado, R. D. S., Cruz, C. D., Vasconcelos, L. F. L., Lima, P. S. C., & Medina-Macedo, L. (2019). Principal component and biplot analysis in the agro-industrial characteristics of *Anacardium* spp. *European Scientific Journal*, 15, 21-31. <https://doi.org/10.19044/esj.2019.v15n30p21>
- Malikouski, R. G., Nascimento, E. F., Moraes, A. L., Peixoto, M. A., Zucoloto, M., Barbosa, D. H. S. G., & Bhering, L. L. (2022). Interrelations between productive, vegetative, and fruit quality traits in Tahiti acid lime through Bayesian inference. *Ciência Rural*, 52(5), 1-9. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20210007>
- Medina, C. L., Rena, A. B., Siqueira, D. L., Machado, E. C. (2005). Fisiologia dos citros. In: D. Mattos Junior, J. D. De Negri, R. M. Pio, & J. Pompeu Junior (Eds.), *Citros*. (pp. 149-195). Centro Apta Citros Sylvio Moreira – IAC.
- Neves, M. F., & Trombini, V. G. (2017). A importância social da citricultura. In: CITRUSBR *Anuário da citricultura 2017*. (Cap. 5, pp. 34-35). <https://www.citrusbr.com.br>
- Oladosu, Y., Rafii, M. Y., Abdullah, N., Magaji, U., Miah, G., Hussin, G., & Ramli, A. (2017). Genotype × environment interaction and stability analyses of yield and yield components of established and mutant rice genotypes tested in multiple locations in Malaysia. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Soil & Plant Science*, 67(7), 590-606. <https://doi.org/10.1080/09064710.2017.1321138>
- Prasanna, V. S. S. V., Madhavi, M., Mukunda Lakshmi, L., Rajasekharam, T., Amara-vathi, Y., & Uma Krishna, K. (2023). Assessment of variability in fruit, yield and biochemical characters of acid lime (*Citrus aurantifolia* Swingle) germplasm. *Pharma Innovation*, 12(5), 4232-4238.
- Rehman, S. U., Abbasi, K. S., Qayyum, A., Jahangir, M., Sohail, A., Nisa, S., Tareen, M. N., Tareen, M. J., & Sopade, P. (2020). Comparative analysis of citrus fruits for nutraceutical properties. *Food Science and Technology*, 40(n. suppl 1), 153-157. <https://doi.org/10.1590/fst.07519>
- Santana, L. G. L., Souza, E. dos S., Passos, O. S., Gesteira, A. da S., Ledo, C. A. da S., & Soares Filho, W. dos S. (2018). Vigor and mortality of citrus progenies with potential use as rootstocks. *Scientia Agricola*, 75(4), 339-345. <https://doi.org/10.1590/1678-992X-2016-0455>
- Santos, H. P., Alvares, R. C., Silva, F. C., Faria, L. C., & Leonardo, C. M. (2017). Genetic, environmental and genotype x environment interaction effects on the common bean grain yield and commercial quality. *Semina: Ciências agrárias*, 38(3), 1241-1250. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2017v38n3p1241>
- Schwartz, G. (2007). Manejo sustentável de florestas secundárias: espécies potenciais no nordeste do Pará, Brasil. *Amazônia: Ciência & Desenvolvimento*, 3(5), 125-147. <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/578357/1/ManejoSustentavelFloresta.pdf>
- Singh, N., Sharma, R. M., Dubey, A. K., Awashi, O. P., Supradip, S., Bharadwaj, C., Sharma, V. K., Sevanthi, A. M., Kumar, A., & Deepak (2023). Citrus improvement for enhanced mineral nutrients in fruit juice through interspecific hybridization. *Journal of Food Composition and Analysis*, 119, 105259. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2023.105259>

Stuchi, E. S., Girardi, E. A., Silva, S. R., Sempionato, O. R., Parolin, L. G., Müller, G. W., & Donadio, L. C. (2020). Desempenho de clones pré-imunizados de laranjeiras Valência e Natal no Norte do Estado de São Paulo. *Citrus Research & Technology*, 41, e1057. <https://doi.org/10.4322/crt.20919>

Trethowan, R. M. (2014). Defining a genetic ideotype for crop improvement. In: D. Fleury, & E. Whitford (Eds.), *Crop Breeding. Methods in Molecular Biology (Methods and Protocols)*, v. 1145. Humana Press.

Wu, G. A., Prochnik, S., Jenkins, J., Salse, J., Hellsten, U., Murat, F., Perrier, X., Ruiz, M., Scalabrin, S., Terol, J., Takita, M. A., Labadie, K., Poulain, J., Couloux, A., Jabbari, K., Cattonaro, F., Del Fabbro, C., Pinosio, S., Zuccolo, A., ... Rokhsar, D. (2014). Sequencing of diverse mandarin, pummelo and orange genomes reveals complex history of admixture during citrus domestication. *Nature Biotechnology*, 32, 656-662. <https://doi.org/10.1038/nbt.2906>

Yan, W. (2002). Singular-value partitioning in biplot analysis of multi-environment trial data. *Agronomy Journal*, 94(5), 990-996. <https://doi.org/10.2134/agronj2002.9900>

Yan, W. (2011). GGE Biplot vs. AMMI Graphs for Genotype-by-Environment Data Analysis. *Journal of the India Society of Agricultural Statistics*, 65(2), 181-193. https://www.researchgate.net/publication/304347399_GGE_biplot_vs_AMMI_graphs_for_genotype-by-environment_data_analysis

Yan, W. (2014). *Crop variety trials: Data management and analysis*. Wiley, Blackwell.

Yan, W. (2015). Mega-environment analysis and test location evaluation based on unbalanced multiyear data. *Crop Science*, 55, 113-122. <https://doi.org/10.2135/cropsci2014.03.0203>

Yan, W. (2016). Analysis and handling of $G \times E$ in a practical breeding program. *Crop Science*, 56(5), 2106-2118. <https://doi.org/10.2135/cropsci2015.06.0336>

Yan, W., & Kang, M. S. (2003). *GGE biplot analysis: a graphical tool for breeders, geneticists, and agronomists*. CRC press.

Yan, W., & Tinker, A. (2006). Biplot analysis of multi environment trial data: principles and applications. *Canadian Journal of Plant Science*, 86(3), 623-645. <https://doi.org/10.4141/P05-16>

Yan, W., Hunt, L. A., Sheng, Q., & Szlavniks, Z. (2000). Cultivar evaluation and Mega-environment investigation based on GGE biplot. *Crop Science*. 40(3), 597-605. <https://doi.org/10.2135/cropsci2000.403597x>

Yan, W., Kang, M. S., Ma, B., Woods, S., & Cornelius, P. L. (2007). GGE Biplots vs. AMMI analysis of genotype-by-environment data. *Crop Science*, 47, 643-655. <https://doi.org/10.2135/cropsci2006.06.0374>

Yang, R. C., Crossa, J., Cornelius, P. L., & Burgueño, J. (2009). Biplot analysis of genotype x environment interaction: Proceed with caution. *Crop Science*, 49, 1564-1576. <https://doi.org/10.2135/cropsci2008.11.0665>