

**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

Seleção de clones de batata-doce de polpa alaranjada

Hellen Cristina da Silva

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestra
em Ciências. Área de concentração: Genética e
Melhoramento de Plantas

**Piracicaba
2021**

Hellen Cristina da Silva
Engenheira Agrônoma

Seleção de clones de batata-doce de polpa alaranjada
versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:
Prof. Dr. **FERNANDO ANGELO PIOTTO**

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestra
em Ciências. Área de concentração: Genética e
Melhoramento de Plantas

Piracicaba
2021

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA – DIBD/ESALQ/USP**

Silva, Hellen Cristina da

Seleção de clones de batata-doce de polpa alaranjada / Hellen Cristina da Silva. - -
versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - -

Piracicaba, 2021.

65 p.

Dissertação (Mestrado) - - USP / Escola Superior de Agricultura “Luiz de
Queiroz”.

1. *Ipomoea batatas* (L.) Lam. 2. Betacaroteno 3. Biofortificação 4. Índice de seleção
I. Título

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por se manter sempre fiel e poderoso em todos os momentos da minha vida. Por ter me abençoado com esta oportunidade, por ter me dado orientador e colegas especiais, por ter colocado pessoas bondosas em meu caminho e por permitir que eu vivesse esse tempo de desafios, porque eu pude crescer com eles. Foi por Ele que cheguei até aqui e por Ele sigo sempre em frente sabendo que nunca me abandonará e jamais me desampará. Senhor Jesus, meu Amigo e meu Dono, eu te agradeço e te dou toda a glória.

Aos meus amados pais, Valentino e Idelvina, por serem exemplos de trabalho, dignidade e humildade. Dos quais como sempre digo, sonharam meus sonhos comigo e lutaram corajosamente ao meu lado. Pai e mãe, mais uma vez nós vencemos graças a Deus.

Ao meu orientador Prof. Dr. Fernando Piotto por ser tão paciente e amigo. Obrigada pela orientação, apoio e por todos os seus ensinamentos. Obrigada por tudo!

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ/USP) por ser um centro de referência em pesquisa e ensino e me possibilitar tanto crescimento profissional.

À todos os professores do departamento de Genética e Melhoramento de Plantas da ESALQ/USP que me ensinaram ou em algum momento me aconselharam. Foi um privilégio, muito obrigada!

Aos técnicos de trabalho do departamento de Genética e Melhoramento de Plantas e do departamento de Produção vegetal que me ajudaram com todo o trabalho de campo, especialmente meus companheiros José Carmesini e Amaral pela paciência e assistência, muito obrigada!

À Profa. Dra. Simone da Costa Mello por disponibilizar os equipamentos para as avaliações de colorimetria.

Ao pesquisador Dr. Valdemir Antonio Peressin, do Instituto Agronômico de Campinas (IAC), pelas sugestões para o trabalho e contribuição em minha pesquisa.

Ao Instituto Agronômico de Campinas (IAC) pelo fornecimento dos clones de batata-doce para execução dessa pesquisa.

Aos meus colegas de pesquisa, integrantes do grupo de Melhoramento de Hortaliças. Obrigada por terem sido fundamentais em cada etapa deste trabalho, por me apoiarem e por serem as melhores companhias que eu poderia ter. Muito obrigada!

À Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudo e consequente financiamento deste trabalho.

EPIGRAFE

*“Não to mandei eu? Sê forte e corajoso; não temas,
nem te espantes, porque o Senhor, teu Deus,
é contigo por onde quer que andares.”*

Josué 1:9

SUMÁRIO

RESUMO.....	6
ABSTRACT.....	7
1. INTRODUÇÃO	9
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	13
2.1. Material vegetal.....	13
2.2. Locais e épocas de plantio	14
2.3. Instalação e condução de experimentos	16
2.4. Caracteres avaliados.....	17
2.5. Delineamento experimental e análises estatísticas.....	19
2.6. Modelo estatístico da anova individual.....	20
2.7. Modelo estatístico da análise conjunta.....	21
2.8. Análise de responsividade e estabilidade - Modelo GGE biplot	22
2.9. Análise de correlação de Pearson	23
2.10. Índice de seleção	23
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
3.1. Análises de variância individuais.....	25
3.2. Análises conjunta dos experimentos	35
3.3. Análises de responsividade e estabilidade.....	39
3.4. Análise da aceitabilidade do sabor.....	43
3.5. Correlação entre caracteres agronômicos e sensoriais.....	49
3.6. Índice de seleção	52
4. CONCLUSÕES	55
REFERÊNCIAS.....	56
ANEXO.....	62

RESUMO

Seleção de clones de batata-doce de polpa alaranjada

Mais de 2 bilhões de pessoas no mundo são afetadas pela fome oculta, isto é, a deficiência de micronutrientes. Uma alternativa emergente para melhorar a ingestão de micronutrientes é a biofortificação de alimentos. Biofortificação consiste no desenvolvimento de culturas básicas ricas em micronutrientes a partir do melhoramento genético convencional ou por métodos biotecnológicos. Devido à sua composição, a batata-doce destaca-se como um importante alimento no combate de carências nutricionais. Assim, o objetivo deste trabalho foi caracterizar e selecionar novos clones de batata-doce de polpa alaranjada, com elevada estabilidade, alta produtividade e alto teor de β -caroteno em diferentes épocas de desenvolvimento da cultura. Para tanto, a produtividade total foi avaliada em seis ambientes, o percentual de matéria seca nas raízes tuberosas em três ambientes e a coloração da polpa das raízes tuberosas em quatro ambientes. De forma adicional, foi também realizada uma análise de aceitabilidade do sabor, utilizando raízes tuberosas oriundas de um dos experimentos. Foram realizadas as análises individuais e conjuntas para todas as variáveis, além da análise de responsividade e estabilidade pelo método GGE biplot para produtividade, percentual de matéria seca nas raízes tuberosas e coloração da polpa das raízes tuberosas. Por fim, as variáveis de produtividade, matéria seca, cor, estabilidade e sabor, foram utilizadas para estimar um índice de seleção, visando a indicação dos melhores clones. Tanto as análises individuais quanto as conjuntas mostraram que existem diferenças significativas entre clones e testemunhas para a variável produtividade, sendo possível selecionar aqueles com maiores médias. Esta característica apresentou interação significativa com o ambiente, considerando o cultivo deste conjunto de clones em três localidades diferentes, em diferentes épocas. Assim, o estudo de responsividade e estabilidade mostrou que existem genótipos mais estáveis que outros quanto à produtividade. Em relação ao percentual de matéria seca e coloração da polpa das raízes tuberosas, as diferenças mais significativas encontradas foram em relação às testemunhas, havendo alguns clones que se destacaram para estes caracteres. Já em relação à estabilidade, os clones avaliados para ambas as características (cor da polpa e percentual de matéria seca) mostraram menor interação com o ambiente, sendo mais estáveis em relação à resposta aos diferentes ambientes. A análise de aceitabilidade do sabor realizada, serviu como base para se ter uma referência da provável aceitação para consumo dos consumidores. Neste estudo, foi possível notar que a variável de notas para sabor poderia ser usada como referência de doçura e aceitação, sendo então utilizada no índice de seleção. Por fim, após análise dos resultados, as seguintes conclusões foram obtidas: 1) Existe variabilidade para todas as características estudadas, sendo possível selecionar clones por meio de seus atributos individuais ou em conjunto; 2) A análise de responsividade e estabilidade para produtividade de raízes tuberosas mostrou que existe interação entre clones e ambientes, sendo que as interações mais expressivas ocorreram em função da época de desenvolvimento das plantas e não em relação aos diferentes locais; 3) As características de coloração alaranjada da polpa e percentual de matéria seca das raízes mostraram-se estáveis, sendo seu comportamento mais previsível no cultivo dos clones de batata-doce de polpa alaranjada em diferentes locais e épocas; 4) O Índice de Seleção foi eficiente em indicar o clone IAC-1063, como sendo o genótipo que reúne, na média, as características de boa produtividade, percentual de matéria seca nas raízes tuberosas, coloração alaranjada, estabilidade de produção e sabor.

Palavras-chave: *Ipomoea batatas* (L.) Lam., Betacaroteno, Biofortificação, Índice de seleção

ABSTRACT

Selection of orange-fleshed sweet potato clones

Over 2 billion people in the world are affected by hidden hunger, that is, micronutrient deficiency. An emerging alternative to improve micronutrient intake is food biofortification. Biofortification consists in the development of basic cultures rich in micronutrients based on conventional genetic improvement or by biotechnological methods. Due to its composition, sweet potatoes stand out as an important food in combating nutritional deficiencies. Thus, the objective of this work was to characterize and select new orange-fleshed sweet potato clones, with high stability, high productivity and high β -carotene content. For that, the total yield was evaluated in six environments, the percentage of dry matter in the tuberous roots in three environments and the color of the pulp of the tuberous roots in four environments. In addition, a taste acceptability analysis was also carried out, using tuberous roots from one of the experiments. Individual and joint analyzes were performed for all variables, in addition to the analysis of responsiveness and stability by the GGE biplot method for yield, percentage of dry matter in the tuberous roots and coloring of the pulp of the tuberous roots. Finally, the variables of yield, dry matter, color, stability and flavor, are used to estimate a selection index, aiming to indicate the best clones. Both individual and joint analyzes showed that there are significant differences between clones and controls for the yield variable, being possible to select those with higher averages. This characteristic showed significant interaction with the environment, considering the cultivation of this set of clones in three different locations, at different times. Thus, the study of responsiveness and stability showed that there are more stable genotypes than others when it comes to yield. Regarding the percentage of dry matter and pulp color of the tuberous roots, the most significant differences found were in relation to the controls, with some clones that stood out for these characters. Regarding stability, the clones evaluated for both characteristics (pulp color and percentage of dry matter) show less interaction with the environment, being more stable in relation to the response to different environments. The flavor acceptability analysis carried out, served as a basis to have a reference of the probable acceptance for consumption by consumers. In this study, it was possible to note that the variable of notes for flavor could be used as a reference for sweetness and acceptance, being then used in the selection index. Finally, after analyzing the results, the following conclusions were obtained: 1) There is variability for all the characteristics studied, being possible to select clones through their individual attributes or together; 2) The analysis of responsiveness and stability for the yield of tuberous roots showed that there is interaction between clones and environments, with the most expressive interactions occurring according to the time of development of the plants and not in relation to the different locations; 3) The characteristics of orange color of the pulp and percentage of dry matter of the roots showed to be stable, being its more predictable behavior in the cultivation of the orange-fleshed sweet potato clones in different places and times; 4) The Selection Index was efficient in indicating the clone IAC-1063, as being the genotype that gathers, on average, the characteristics of good yield, percentage of dry matter in the tuberous roots, orange color, yield stability and flavor.

Keywords: *Ipomoea batatas* (L.) Lam., Beta carotene, Biofortification, Selection index

1. INTRODUÇÃO

Atualmente o Brasil é 16º maior produtor de batata-doce do mundo com produção total de 805.412 toneladas, cultivados em 57.290 hectares resultando em uma produtividade média em torno de 14 toneladas por hectare. Nos últimos dez anos a produção nacional cresceu cerca de 40% (FAOFAST, 2019), embora a produtividade média nacional ainda seja considerada baixa. Alguns fatores como adoção de sistema de plantio inapropriado, uso incorreto de ramas no plantio, plantio em solos de baixa fertilidade e baixo nível técnico reduzem a expressão do potencial produtivo dos cultivares (CARMONA et al., 2015). A falta de desenvolvimento de variedades adaptadas a diferentes regiões de cultivo e o uso de cultivares obsoletas também se encontram entre as causas da baixa produtividade nacional (VARGAS et al., 2020).

A batata-doce é a quarta hortaliça mais produzida no país. É uma cultura rústica e de ampla adaptação climática, sendo cultivada em todo o território brasileiro, principalmente nas regiões sul e nordeste (FERREIRA; RESENDE, 2019). A cultura desempenha importante papel socioeconômico, pois é direcionada tanto para subsistência quanto para comercialização. Além disso, é cultivada em várias escalas de produtividade e sob diversos níveis tecnológicos (MELLO, 2015).

A cultura é destinada principalmente para a alimentação humana, mas possui outras aptidões como consumo animal e produção de etanol (CAMARGO et al., 2016). A batata-doce é rica em vitamina C, ferro, potássio, fibras, vitamina B₁, B₂ e ácido pantotênico. As variedades com polpa alarajanda em especial, contêm elevados teores de β -caroteno (pró-vitamina A) e são utilizadas em diversos países no combate à deficiência de vitamina A em crianças (ROSSEL, 2021), um micronutriente essencial à saúde humana devido sua importância em vários processos fisiológicos. A vitamina A é fundamental ao sistema imunológico, auxilia na acuidade visual, proliferação e diferenciação celular e na expressão gênica. Entre os mais vulneráveis à carência de vitamina A encontram-se crianças menores de cinco anos, gestantes e lactantes (LIMA et al., 2020).

Segundo a FAO (2020), em 2019 cerca de 2 bilhões de pessoas não tiveram acesso regular a alimentos de boa qualidade nutricional ou mesmo puderam alimentar-se. Esta condição de escassez retrata um estado de moderada à severa insegurança alimentar. Pessoas que se enquadram neste grupo não têm acesso físico, social e econômico à alimentação segura, nutritiva e suficiente em todos os momentos, a fim de que tenham uma dieta suficiente para uma vida saudável e ativa. Como consequência da insegurança alimentar essas pessoas podem ser vítimas da “fome oculta”, situação de malnutrição decorrente da ingestão deficiente de micronutrientes essenciais à vida (GARG et al., 2018).

Para o combate da “fome oculta” presente principalmente em países pobres ou em desenvolvimento a biofortificação de alimentos surge como uma solução benéfica e viável (GARG et al., 2018). Trata-se do desenvolvimento de cultivares alimentares com elevados teores de micronutrientes através do melhoramento genético convencional, da engenharia genética ou por meio de intervenções agronômicas. Essa abordagem tem-se mostrado econômica e sustentável a fim de reduzir deficiências de micronutrientes em diversos países e apresenta vários benefícios na sua implantação. Por meio do melhoramento convencional é necessário um investimento único para que culturas agrícolas sejam desenvolvidas, sendo que as espécies podem ser facilmente multiplicadas pelos agricultores ao longo dos anos a um baixo custo (JHA; WARKENTIN, 2020). A biofortificação permite que todos os membros da família consumam alimentos nutritivos de forma regular e adequada, além disso as espécies biofortificadas são comumente culturas da base alimentar de populações mais carentes, portanto, de fácil acesso a famílias com baixa renda e também famílias rurais. Todas estas características da biofortificação viabilizam o alcance de alimentação nutritiva a pessoas de diversas esferas sociais e faixas econômicas e inclusive pessoas que residem em locais mais remotos (NESTEL et al., 2006).

Dentre as espécies biofortificadas, a batata-doce destaca-se em função de suas características de cultivo e uso na alimentação de populações com baixa renda. Devido à sua composição, esta tuberosa é um importante alimento no combate de carências nutricionais (KEHOE et al., 2015) e seu uso vem sendo implementado em países africanos como África do Sul (LAURIE et al., 2015), Quênia (LAGERKVIST et al., 2016), Moçambique, Zâmbia, Uganda; na América Latina, em países como Guatemala, Nicarágua, El Salvador, Honduras, Panamá, Haiti, Colômbia e Brasil (HARVESTPLUS, 2018; EMBRAPA, 2018; CARVALHO, 2018).

A batata-doce é uma espécie hexaplóide ($2n = 6x = 90$) da família *Convolvulaceae* originária das Américas Central e Sul na região entre a Península do Yucatan no México e o rio Orinoco na Venezuela (ISOBE; SHIRASAWA; HIRAKAWA, 2018). É uma espécie alógama propagada clonalmente, polinizada por insetos principalmente abelhas. A batata-doce apresenta razões de segregação autoploiploide comumente complexas e que levam ao fenômeno conhecido como dupla redução que promove discrepâncias em relação as taxas de segregação esperadas. Na batata-doce são observados vários níveis de autoincompatibilidade e incompatibilidade cruzada (MWANGA et al., 2017). Seu mecanismo de autoincompatibilidade conduz a um alto nível de heterozigose e a cultura apresenta grande variabilidade fenotípica e genotípica (OLIVEIRA et al., 2002).

Devido a variabilidade existente na espécie, os clones podem diferenciar-se pela cor da pele e da polpa de suas raízes tuberosas e para a comercialização no Brasil a batata-doce pode ser

classificada conforme estas características. Os grupos varietais consistem em batatas-doces de pele rosada com polpa amarela ou branca; pele roxa e polpa roxa; pele creme e polpa amarela; pele branca e polpa branca e pele salmão ou cobre e polpa alaranjada (CEAGESP, 2014). Todos os tipos de batata-doce fornecem significativa quantidade de vitaminas e minerais, porém apenas a batata-doce de polpa alaranjada apresenta elevado teor de β -caroteno, sendo que quanto maior a intensidade da cor alaranjada maior a concentração de β -caroteno (LOW et al., 2017).

Atualmente os cultivares de batata-doce de polpa alaranjada mais conhecidos no Brasil, são as variedades Beauregard e BRS Amélia. A batata-doce BRS Amélia foi lançada em 2011 pela Empresa Brasileira de Agropecuária (EMBRAPA) e encontra-se mais disseminada na região sul do país. As raízes dessa variedade apresentam formato elíptico longo, a pele tem cor rosa claro com pigmentações rosadas e a polpa alaranjada. Sua produtividade média é de 32 t ha⁻¹ e pode ser colhida entre 120 à 140 dias após o plantio (EMBRAPA, 2011). A batata-doce Beauregard foi desenvolvida nos Estados Unidos em Louisiana Agricultural Experiment Station (LSU AgCenter) em 1987. A Beauregard foi introduzida no Brasil e em 2010 foi registrada pela EMBRAPA. Este cultivar apresenta 10 vezes mais β -caroteno do que as variedades mais plantadas no país. Ele possui raízes alongadas e uniformes do tipo elíptico, sua pele tem tonalidade vermelho arroxeado e superfície lisa e apresenta produtividade média entre 23 à 29 t ha⁻¹. A colheita desta variedade pode ocorrer entre 120 à 150 dias após o plantio (EMBRAPA, 2010).

Dentre as duas principais variedades de batata-doce de polpa alaranjada no Brasil, destaque é dado a variedade Beauregard por ser mais amplamente cultivada no país embora não tenha sido originada a partir de um programa de melhoramento genético propriamente brasileiro. A introdução de cultivares de outras regiões é considerada um método de melhoramento e permite a rápida seleção e inclusão de novas variedades no sistema produtivo, além do aumento da variabilidade genética (NASS; MIRANDA FILHO; SANTOS, 2001). Este método pode oferecer bons resultados e produtividades satisfatórias, porém a obtenção de novos cultivares a partir de cruzamentos envolvendo genótipos adaptados à região de estudo, apresentam maiores chances de ter melhor desempenho (BORÉM; MIRANDA, 2013). Deve-se salientar que as condições climáticas brasileiras se diferenciam daquelas que são características de países de clima temperado, o que pode gerar o aumento da pressão por pragas e doenças, além de diferentes respostas de variedades introduzidas à temperatura, fotoperíodo e demais condições ambientais de cultivo.

O desenvolvimento de novas variedades de batata-doce biofortificada adaptadas a regiões brasileiras torna-se necessário na medida em que estas podem proporcionar aumento da produção e auxiliar no combate à malnutrição da população nacional. Assim, este trabalho teve

por objetivo caracterizar e selecionar novos clones de batata-doce de polpa alaranjada com elevada estabilidade, alta produtividade e alto teor de β -caroteno em diferentes épocas de desenvolvimento da cultura.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Material vegetal

O campo de cruzamentos foi instalado no Centro de Horticultura, do Instituto Agronômico (IAC), em Campinas-SP, no ano de 2016. Neste foram utilizados seis cultivares (IAC 2-71 - Americana; IAC 66-118 - Monalisa; SRT 47 - variante natural encontrada dentro da cultivar Beauregard; SRT 278 - Centenial; SRT 299 - Rio de Janeiro II e SRT 334 - Canadense), sendo as progênies de meios-irmãos obtidas por meio de livre polinização. Para tanto, os genitores foram dispostos em arranjos predefinidos com repetições, de modo que houvesse a mesma probabilidade de cruzamento entre eles.

Esse campo de cruzamento produziu aproximadamente 30.000 sementes botânicas verdadeiras. No ano de 2017, optou-se pelo plantio de uma amostra representativa do referido lote, resultando em uma produção de aproximadamente 2.000 clones em uma primeira etapa (ano de 2018), sendo a seleção reduzida para os 170 melhores clones em etapa posterior (ano de 2018/2019), em experimentos realizados em três locais (Campinas, Piracicaba e Mococa), cujos dados forneceram subsídio para seleção de um grupo elite de 16 clones. Assim, para este trabalho, foram utilizados 16 clones selecionados pelo Programa de Melhoramento de Batata-Doce do Instituto Agronômico de Campinas (IAC), os quais são apresentados na tabela 1, juntamente com a caracterização morfológica das raízes, formato e as cores da pele e polpa, realizada segundo os descritores de Huaman (1992).

Tabela 1. Descrição dos clones e testemunhas comerciais utilizados nos experimentos e a caracterização morfológica de suas raízes tuberosas

Clones	Formato	Cor da Pele	Cor da Polpa
IAC-38	Elíptico	Alaranjado	Alaranjado intermediário
IAC-86	Longo elíptico	Alaranjado	Alaranjado escuro
IAC-216	Obovado	Vermelho	Alaranjado intermediário
IAC-459	Longo elíptico	Roxo avermelhado	Alaranjado intermediário
IAC-465	Longo irregular	Roxo avermelhado	Alaranjado intermediário
IAC-484	Longo elíptico	Alaranjado	Alaranjado escuro
IAC-579	Longo oblongo	Alaranjado	Alaranjado claro
IAC-596	Redondo elíptico	Alaranjado	Alaranjado escuro

IAC-604	Longo irregular	Alaranjado	Alaranjado escuro
IAC-641	Obovado	Alaranjado	Alaranjado escuro
IAC-691	Longo elíptico	Vermelho	Alaranjado escuro
IAC-698	Longo elíptico	Roxo avermelhado	Alaranjado intermediário
IAC-725	Longo elíptico	Roxo avermelhado	Alaranjado escuro
IAC-737	Longo irregular	Vermelho	Alaranjado intermediário
IAC-1063	Longo irregular	Vermelho	Alaranjado intermediário
IAC-1261	Longo irregular	Roxo avermelhado	Alaranjado intermediário
SRT-338 (Uruguaiana)	Ovado	Roxo avermelhado	Alaranjado claro
SRT-339 (Ligeirinha)	Redondo elíptico	Vermelho	Creme
SRT-334 (Canadense)	Longo elíptico	Roxo avermelhado	Creme

2.2. Locais e épocas de plantio

Os experimentos foram conduzidos nos municípios de Campinas, Mococa e Piracicaba (Figura 1). Os plantios ocorreram em três épocas distintas, nos meses de janeiro ou fevereiro (época A); maio (época B) e outubro ou novembro (época C).

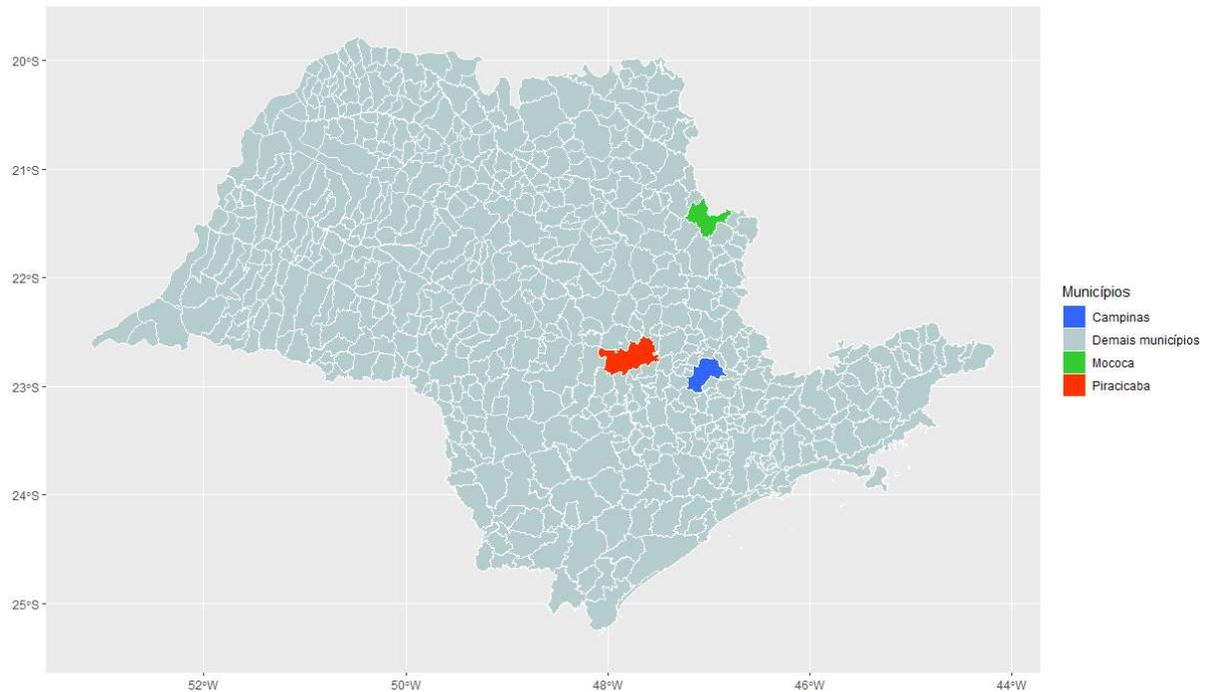


Figura 1. Mapa do estado de São Paulo com a localização dos municípios em que ocorreram a condução dos experimentos. Fonte: do autor

Em Campinas ($22^{\circ} 52' 2''$ S, $47^{\circ} 4' 22''$ W, 680 m de altitude) foram realizados quatro experimentos. O primeiro experimento (Camp-C1) foi conduzido de novembro de 2018 à março de 2019; o segundo (Camp-A1) de fevereiro de 2019 à agosto de 2019; o terceiro (Camp-C2) de outubro de 2019 à março de 2020 e o quarto (Camp-A2) de janeiro de 2020 à junho de 2020. Em Mococa ($21^{\circ} 26' 44''$ S, $46^{\circ} 59' 11''$ W, 640 m de altitude) foi realizado um experimento (Moc-A) de fevereiro de 2019 à junho de 2019. Em Piracicaba ($22^{\circ} 41' 59''$ S, $49^{\circ} 37' 58''$ W, 554 m de altitude) foi realizado o único experimento (Pir-B) com plantio em maio de 2019, o qual foi colhido em janeiro de 2020. Para este trabalho foram realizados seis experimentos (Tabela 2) e foram estudados os efeitos de épocas de desenvolvimento e locais sobre os caracteres avaliados.

Tabela 2. Valores totais acumulados da duração do ciclo (em dias), PREC (Precipitação total de chuva, em mm) e RAD (Radiação solar, em MJ.m⁻²) e valores médios da T_{máx} (Temperatura máxima, em °C), T_{mín} (Temperatura mínima, em °C) e T_{méd} (Temperatura média, em °C) nos experimentos realizados

Experimentos	Ciclo	PREC	RAD	T _{máx}	T _{mín}	T _{méd}
Camp-A1	181 (fevereiro – agosto)	443,01	2898,21	26,83	15,27	20,45
Camp-A2	133 (janeiro – junho)	485,45	2398,17	27,25	15,69	20,81
Moc-A	127 (fevereiro – junho)	524,61	2092,58	26,10	16,60	20,87
Pir-B	248 (maio – janeiro)	509,02	4422,68	29,75	16,20	22,33
Camp-C1	133 (novembro – março)	760,23	2918,60	29,25	19,23	23,93
Camp-C2	143 (outubro – março)	819,16	2730,68	29,67	18,75	23,79

2.3. Instalação e condução de experimentos

Para instalação dos experimentos foi realizada a descompactação do solo através de gradagem e subsolagem. Após a preparação do solo formaram-se leiras utilizando-se um encanteirador e um sulcador, com espaçamento entre leiras de 1,60 m nos experimentos Camp-C1, Camp-A1, Moc-A e Pir-B e 0,9 m nos experimentos Camp-C2 e Camp-A2. Foram plantadas ramas de aproximadamente 0,3 m de comprimento com cinco à oito gemas, sendo cinco ramas nos experimentos Camp-C1, Camp-A1, Moc-A e Pir-B e oito ramas nos experimentos Camp-C2 e Camp-A2. O plantio foi manual com espaçamento entre ramas de 0,35 m nos experimentos Camp-C1, Camp-A1, Camp-C2, Moc-A e Pir-B e 0,3 m nos experimentos Camp-C2 e Camp-A2. As operações de adubação, capina, controle de pragas e doenças foram realizadas conforme as recomendações para a cultura. A colheita foi semi-manual com auxílio de um arrancador mecânico em Piracicaba-SP, e manual nos demais experimentos.



Figura 2. Visão geral do experimento conduzido no Departamento de Genética da ESALQ/USP, Piracicaba-SP

2.4. Caracteres avaliados

- a) **Produtividade:** Em todos os experimentos fez-se a avaliação da produtividade dos clones. As raízes foram colhidas por parcela e pesadas com auxílio de uma balança digital portátil. Os valores obtidos foram transformados em $t\ ha^{-1}$. Posteriormente, realizaram-se ajustes a fim de equiparar a produtividade dos clones em experimentos com tamanho de parcela e número de plantas diferentes.
- b) **Cor da polpa:** Para fazer a avaliação da cor da polpa optou-se por fazer a quantificação da cor através do método colorimétrico do sistema CIELAB proposto em 1976. A cor pode ser um parâmetro de difícil determinação devido a sua subjetividade e o método colorimétrico tem mostrado maior precisão do que a percepção humana na medição da cor (BONFATTI JÚNIOR; LENGOWSKI, 2018). Este sistema é constituído por três eixos espaciais perpendiculares entre si que expressam a luminosidade e a cor do objeto. A coordenada L^* revela a luminosidade do objeto e é expressa em um número entre 0 (preto) e 100 (branco). As coordenadas a^* e b^* fornecem os componentes cromáticos da cor. O valor de a^* é o eixo vermelho/verde sendo $-a$ (mais verde) e $+a$ (mais vermelho). O valor de b^* é o eixo amarelo/azul sendo $-b$ (mais azul) e $+b$ (mais amarelo) (Comission Internationale de L'Eclairage, 2004). Foram coletadas três raízes de cada tratamento.

Removeu-se o excesso de solo aderido às raízes e cortaram-nas transversalmente. Com o auxílio de um colorímetro Konica Minolta obteve-se os valores de a^* , b^* e L^* em três pontos escolhidos aleatoriamente na polpa da raiz. Segundo Takahata et al. (1993) o valor de a^* é alta e positivamente correlacionado com o teor de β -caroteno em batata-doce de polpa alaranjada. O mesmo foi verificado em trabalhos com abóbora (SEROOCZYŃSKA, et al., 2006; ITLE KABELKA, 2009; LIMA NETO, 2013) e cenoura (PEREIRA, 2002). Portanto, neste trabalho ênfase será dada ao parâmetro a^* por este ser indicador do teor de β -caroteno em batata-doce de polpa alaranjada. A avaliação de cor da polpa foi realizada nos experimentos Camp-C1, Camp-A2, Moc-A e Pir-B.

- c) **Matéria seca:** Para a determinação da matéria seca, algumas raízes foram coletadas para cada genótipo e bloco experimental de campo. Elas foram cortadas em pedaços e separou-se 500 gramas de raízes de cada clone. O material foi acondicionado em estufa de circulação de ar forçada sob temperatura de 65°C até atingir peso constante. A avaliação de matéria seca foi realizada nos experimentos Camp-A1, Camp-C2 e Moc-A. A matéria seca foi calculada através da seguinte fórmula:

$$MS (\%) = \frac{\text{Peso seco}}{500} \times 100$$

- d) **Análise de aceitabilidade do sabor:** Foram realizadas avaliações sensoriais com raízes do experimento Camp-A2. Depois de lavadas, as raízes foram cortadas em pedaços com espessura média de 2 cm e embaladas em sacos plásticos. As amostras foram destinadas a 14 avaliadores, com idades entre 18 e 62 anos, que as provaram após cozimento. De acordo com a sua percepção, os avaliadores atribuíram notas referentes à doçura (DOC), umidade (UMI), textura (TEX), fibras (FB), aroma de batata-doce (ABD), sabor de batata-doce (SBD), aroma de abóbora (AAB), sabor de abóbora (SAB), cor da polpa (CPO), sabor (SBR) e aparência geral (APA) das raízes (TOMLINS et al., 2012) (Tabela 3).

Tabela 3. Atributos e notas para avaliação sensorial dos clones de batata-doce de polpa alaranjada e variedades comerciais

Atributos	Notas				
	1	2	3	4	5
DOC	Não doce	Pouco doce	Intermediária	Doce	Muito doce
UMI	Muita úmida	Úmida	Intermediária	Seca	Muito seca
TEX	Muito mole	Quebradiça/Mole	Intermediária	Firme	Muito firme
FB	Muito fibrosa	Fibrosa	Intermediária	Pouco fibrosa	Não fibrosa
ABD	Ausente	Fraco	Intermediário	Forte	Muito forte
SBD	Ausente	Fraco	Intermediário	Forte	Muito forte
AAB	Muito forte	Forte	Intermediário	Fraco	Ausente
SAB	Muito forte	Forte	Intermediário	Fraco	Ausente
SBR	Muito ruim	Ruim	Razoável	Bom	Excelente
CPO	Não gostei	Gostei pouco	Razoável	Gostei	Gostei muito
APA	Muito ruim	Ruim	Razoável	Bom	Excelente

2.5. Delineamento experimental e análises estatísticas

O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados. Nos experimentos Camp-C1, Moc-A e Pir-B foram fixados três blocos com parcelas experimentais de área igual a 2,80 m², contendo cinco plantas. No experimento Camp-A1 foram estabelecidos quatro blocos com parcelas experimentais de mesma área e número de plantas que os ambientes anteriores. Em Camp-C2 e Camp-A2 foram estabelecidos cinco blocos com parcelas experimentais de área igual a 2,16 m², contendo oito plantas. O delineamento experimental da avaliação de matéria-seca foi de blocos casualizados com três blocos. As avaliações de colorimetria e sensorial das raízes foram realizadas em um delineamento inteiramente casualizado com três e 14 repetições, respectivamente.

2.6. Modelo estatístico da anova individual

Após a remoção de *outliers* e checagem da normalidade dos resíduos do modelo estatístico foi realizada a análise de variância (ANOVA) individual para cada experimento a fim de verificar a existência de variação entre os clones estudados e a precisão relativa de cada experimento. Para as variáveis produtividade e matéria seca fez-se a análise individual através do seguinte modelo estatístico:

$$y_{ij} = \mu + g_i + b_j + \varepsilon_{ij}$$

Em que:

y_{ij} é o valor da observação referente ao genótipo i no bloco j ;

μ é a média geral;

g_i é o efeito fixo do genótipo i ;

b_j é o efeito fixo do bloco j ;

ε_{ij} é o efeito aleatório do erro experimental do genótipo i no bloco j , assumindo-se que os erros são independentes e normalmente distribuídos com média zero e variância σ^2 .

O modelo estatístico para a ANOVA individual da cor da polpa (parâmetro a^* da escala L*a*b*) é descrito a seguir:

$$y_i = \mu + g_i + \varepsilon_i$$

Em que:

y_i é o valor da observação referente ao genótipo i ;

μ é a média geral;

g_i é o efeito fixo do genótipo i ;

ε_i é o efeito aleatório do erro experimental do genótipo i , assumindo-se que os erros são independentes e normalmente distribuídos com média zero e variância σ^2 .

2.7. Teste de comparação de médias

As médias observadas puderam ser comparadas através do teste LSD de Fisher que se baseia na diferença mínima significativa (*Least Significant Difference*).

2.8. Modelo estatístico da análise conjunta

A análise conjunta de experimentos foi realizada para o estudo da interação genótipos por épocas (GE) e interação genótipos por locais (GL). É importante ressaltar que cada experimento corresponde a uma combinação de época e local singular e não idêntica aos demais e portanto cada experimento é considerado como um ambiente. Para a análise conjunta foi selecionado um modelo estatístico que melhor adequava-se aos dados tomando como base o menor valor dos critérios *Akaike Information Criteria* (AIC) e de *Bayesian Information Criteria* (BIC) proposto por Schwarz (1978). A análise conjunta para os caracteres produtividade e matéria seca foi realizada usando-se o seguinte modelo estatístico:

$$y_{ijkm} = \mu + l_m + g_i + e_k + b_{j(m)} + ge_{ik} + gl_{im} + \varepsilon_{ijkm}$$

Em que:

y_{ijkm} é o valor da observação referente ao genótipo i , no bloco j , na época k e no local m ;

μ é a média geral;

l_m é o efeito fixo do local m ;

g_i é o efeito aleatório do genótipo i ;

e_k é o efeito aleatório da época k ;

ge_{ik} é o efeito aleatório da interação genótipo x época do genótipo i na época k ;

gl_{im} é o efeito aleatório da interação genótipo x local do genótipo i no local m ;

$b_{j(m)}$ é o efeito aleatório do bloco j dentro do local m ;

ε_{ijkm} é o efeito aleatório do erro experimental do genótipo i , no bloco j , na época k e no local m , assumindo-se que os erros são independentes e normalmente distribuídos com média zero e variância σ^2 .

Em relação ao caráter cor da polpa, a análise conjunta foi realizada usando-se o seguinte modelo estatístico:

$$y_{ikm} = \mu + l_m + g_i + e_k + ge_{ik} + g_{im} + \varepsilon_{ikm}$$

Em que:

y_{ikm} é o valor da observação referente ao genótipo i , na época k e no local m ;

μ é a média geral;

l_m é o efeito fixo do local m ;

g_i é o efeito aleatório do genótipo i ;

e_k é o efeito aleatório da época k ;

ge_{ik} é o efeito aleatório da interação genótipo x época do genótipo i na época k ;

g_{im} é o efeito aleatório da interação genótipo x local do genótipo i no local m ;

ε_{ikm} é o efeito aleatório do erro experimental do genótipo i , na época k e no local m , assumindo-se que os erros são independentes e normalmente distribuídos com média zero e variância σ^2 .

Os componentes de variância foram estimados pelo método de máxima verossimilhança restrita (REML) e os valores genéticos foram preditos pelo procedimento de melhor predição linear não viesada (BLUP). As médias preditas, isto é, as médias BLUP dos caracteres produtividade, cor da polpa e matéria seca obtidas a partir dos modelos de análise conjunta foram utilizadas no estudo de correlação entre os caracteres e no ajuste do índice de seleção.

2.9. Análise de responsividade e estabilidade - Modelo GGE biplot

A análise de responsividade e estabilidade dos clones foi verificada pelo método GGE Biplot (*Genotype and Genotype-Environment Interaction*) no software R, utilizando o pacote *GGEBiplotGUI* (FRUTOS; GALINDO; LEIVA, 2014), de acordo com o modelo abaixo:

$$G + GE = [(g_i + ge_{ij})] \sum_{s=1}^n \lambda_s \gamma_{is} \delta_{js} + \rho_{ij}$$

Em que:

$G + GE$ é a matriz dos efeitos dos genótipos somados aos efeitos das interações genótipos por ambientes;

λ_s é o valor singular do s -ésimo efeito principal;

γ_{is} e δ_{js} são os autovetores do s -ésimo componente principal associado ao efeito do genótipo i e ambiente j , respectivamente;

n é o número de componentes principais retidos do modelo;

ρ_{ij} é o ruído.

2.10. Análise de correlação de Pearson

Foi realizada a análise de correlação entre os caracteres produtividade, matéria seca, cor da polpa e todas as variáveis sensoriais através do método de coeficiente de correlação de Pearson. Esta análise foi realizada com base na média geral de todos os caracteres em estudo através da seguinte fórmula:

$$r(xy) = \frac{cov(x,y)}{\sigma_x \sigma_y}$$

Em que:

$Cov(x,y)$ é a covariância entre os caracteres x e y ,

σ_x é o desvio padrão do caráter x ,

σ_y é o desvio padrão do caráter y .

2.11. Índice de seleção

A seleção dos clones superiores foi baseada em múltiplos caracteres. O método utilizado para a seleção foi o índice de seleção com base na soma de postos ou *rankes*, proposto por Mulamba e Mock (1978). Neste método, os clones são classificados conforme seu desempenho favorável ou desfavorável aos objetivos do melhorista, estabelecendo-se assim um ordenamento para cada caráter. A soma das posições de cada clone para todos os caracteres gerará um valor

único, tomado como índice de seleção. Os caracteres considerados na seleção foram produtividade, cor da polpa, matéria seca, estabilidade de produção e sabor. A estabilidade de produção foi determinada através da avaliação visual da projeção dos vetores de estabilidade no gráfico GGE Biplot. Foram atribuídas quatro classificações de estabilidade de produção aos clones, muito alta (1), alta (3), intermediária (5) e baixa (7) estabilidade, de acordo com a análise gráfica via biplot, traçando limites paralelos à linha de estabilidade. Os clones também foram classificados em grupos com nota de 1 à 4 conforme a nota média de sabor, sendo os genótipos agrupados em ótimos (1), bons (2), razoáveis (3) e ruins (4). Estes procedimentos foram realizados no cuidado de não superestimar diferenças entre genótipos com desempenho de estabilidade de produção ou sabor muito semelhantes.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Análises de variância individuais

Os resultados que serão aqui apresentados, são derivados de seis experimentos realizados em três locais (Campinas-SP, Mococa-SP e Piracicaba-SP), sendo que somente a variável Produtividade (PROD) foi avaliada em todos estes ambientes. Para a variável cor, foram tomados dados de dois experimentos realizados em Campinas-SP, um em Mococa-SP e outro em Piracicaba-SP; ao passo que o percentual de Matéria Seca (MS), foi avaliado em dois experimentos em Campinas-SP e um em Mococa-SP. Assim, para cada variável foram realizadas as análises individuais para cada ambiente e também as análises conjuntas, considerado todos os ambientes em que cada variável foi obtida.

O resultado da análise de variância individual para Produtividade (PROD) (Tabela 4) detectou diferenças significativas entre os clones em todos os ambientes, o que demonstra a existência de variabilidade genética entre os mesmos e a possibilidade de selecionar genótipos superiores. De forma geral, foi detectada relativa discrepância entre os quadrados médios dos resíduos para esse caráter, uma vez que os experimentos Camp-C1, Camp-C2 e principalmente Pir-B apresentaram maiores variâncias residuais em comparação aos demais.

A batata-doce naturalmente apresenta elevada variação quanto à produtividade, sendo tal variação observada entre plantas do mesmo genótipo entre e dentro das parcelas. Esta característica da cultura pode resultar em coeficientes de variação consideravelmente altos (Mwanga et al., 2017). Um importante fator a ser considerado é que as condições de alguns ambientes foram mais favoráveis ao cultivo, promovendo o melhor desenvolvimento dos clones e a expressão da variabilidade existente entre as plantas. Outro motivo que possivelmente contribuiu para a variação dos quadrados médios residuais é a diferença no número de repetições para os tratamentos entre os experimentos. A precisão experimental quanto à PROD pode ser considerada satisfatória levando-se em conta a natureza da cultura e o caráter avaliado, uma vez que valores do Coeficiente de Variação Experimental (C.V.) similares também foram relatados por Naidoo et al. (2016); Ngailo et al. (2019) e Otoboni et al. (2020).

Tabela 4. Resumo da análise de variância individual para Produtividade (t ha⁻¹) dos clones de batata-doce de polpa alaranjada

F.V.	G.L.	Q.M.						
		Camp-A1	Camp-A2	Moc-A	Pir-B	Camp-C1	Camp-C2	
Bloco	(3, 4, 2, 2, 3, 4)	37,24 ^{ns}	111,62*	113,62**	505,4*	406,14*	1044,84*	
Clones	18	60,16*	153,11**	48,68*	1357,38**	757,41**	1087,79**	
Resíduo	(51, 70, 34, 29, 31, 63)	31,07	37,09	20,46	113,82	107,03	229,89	
C.V. (%)	-	34,51	19,86	26,07	22,1	17,08	24,93	

(*) significativo a 5% de probabilidade de erro pelo teste F; (**) significativo a 1% de probabilidade de erro pelo teste F; (ns) não significativo. F.V. (Fonte de Variação), G.L. (Graus de Liberdade); Q.M. (Quadrado Médio) e C.V. (Coeficiente de Variação Experimental)

Conforme demonstrado na tabela 5 abaixo, houve grande variação na média geral de produtividade dos clones em cada local e época, sendo que a menor média geral observada foi obtida em Camp-A1 e a maior em Camp-C2. Vale notar que os experimentos nas épocas B e C foram alocados em condições mais favoráveis para o cultivo da batata-doce, havendo maior disponibilidade de água, temperatura e radiação solar para o desenvolvimento, permitindo maior expressão do potencial dos genótipos.

A cultura da batata-doce pode ser cultivada o ano todo desde que a época não ofereça risco de geadas e temperaturas abaixo de 10°C (MIRANDA et al., 1995). As médias gerais de produtividade total observadas na época A onde os plantios ocorreram em janeiro ou fevereiro, indicam que as condições climáticas desta época foram restritivas para o desenvolvimento dos clones avaliados. Outros trabalhos realizados na região sudeste mostram valores próximos à produtividade observada neste estudo como Andrade Júnior et al. (2018) que avaliaram 40 clones de batata-doce em Diamantina-MG, cultivados de janeiro à julho e observaram produtividade total média de 28,71 t ha⁻¹. Vargas et al. (2020) avaliaram 95 acessos de batata-doce em Registro-SP, entre fevereiro e agosto e encontraram produtividade total média de 22,7 t ha⁻¹.

A temperatura média ótima para o desenvolvimento da batata-doce é 25,5°C e a prevalência de temperaturas muito altas do meio até o fim do ciclo da cultura podem promover o crescimento da parte aérea da planta em detrimento do sistema radicular, reduzindo a produtividade (GAJANAYAKE; REDDY; SHANKLE, 2015). Ferreira e Resende (2020) avaliaram os cultivares de batata-doce Brazlândia Branca, Princesa, Beauregard, BRS Cuia, BRS Rubissol e BRS Amélia em Petrolina-PE, nas épocas de inverno, com temperaturas entre 28,7 e 17,3°C e verão, com temperaturas entre 35,8 e 21,1°C. Eles verificaram que a produtividade total média foi de 61,95 t ha⁻¹ no inverno, enquanto que no verão foi observado valor de produtividade total média de 43,4 t ha⁻¹.

Outro ponto importante a considerar, é que as médias de produtividade dos clones selecionados em etapas anteriores foram sempre maiores em todos os ambientes, em relação as testemunhas e também em relação à media geral, demonstrando que as seleções prévias foram eficientes em selecionar os clones mais produtivos.

De forma geral, tomando como referência os valores de LSD, pode-se constatar que as médias dos clones de polpa alaranjada foram maiores ou iguais estatisticamente em relação às três testemunhas, em todos os ambientes, com algumas raras exceções, como por exemplo, o clone IAC-86, que mostrou médias menores do que ao menos duas testemunhas importantes (Ligeirinha e Canadense), em pelo menos dois ambientes (Camp-C1, Camp-C2), mostrando-se menos responsivo que os demais clones, quando em condições mais favoráveis.

Tomando como referência a produtividade média nacional de pouco mais 14 t.ha⁻¹, Camp-A1 e Moc-A mostraram valores bem próximos e mesmo um pouco superiores, com Camp-A2 chegando a aproximadamente o dobro da média nacional para clones e testemunhas, e Pir-B, Camp-C1 e Camp-C2, com valores até o triplo em relação à esta referência. Os rendimentos elevados destes experimentos nas épocas B e C, se devem tanto à resposta a condições ambientais de clima mais favorável, quanto à suplementação com irrigação e manejo da nutrição mais adequados. No caso de Pir-B, o ciclo foi bastante longo e em condições ótimas de nutrição, com adubação de cobertura dimensionada para obter os melhores rendimentos possíveis. Além disso, houve suplementação com irrigação, proporcionando condições favoráveis para que os genótipos avaliados expressassem seu máximo potencial, resultando em valores muito elevados de produtividade.

Estas variações entre condições ambientais, as quais somam em seu conjunto, o clima, manejo da nutrição, irrigação, controle de daninhas, entre outros, foram muito importantes para estudar a estabilidade dos genótipos frente aos diversos cenários que podem ser encontrados no país, em termos do uso de tecnologia de produtividade. Neste sentido, fica evidente que boa parte dos clones tem potencial para responder ao incremento em tecnologia, proporcionando produtividades elevadas em condições ótimas, mas também respondendo com desempenho na média esperada, diante de condições de cultivo utilizando baixa tecnologia.

Tabela 5. Médias observadas de Produtividade (t ha⁻¹) dos clones de batata-doce de polpa alaranjada

Clones	Camp-A1	Camp-A2	Moc-A	Pir-B	Camp-C1	Camp-C2
IAC-38	12,53	28,46	17,36	27,77	53,21	64,12
IAC-86	11,87	28,53	12,32	27,38	30,10	26,16
IAC-216	21,87	34,16	18,76	15,01	70,16	58,10
IAC-459	16,53	24,30	15,88	48,67	58,55	48,27
IAC-465	19,65	35,87	14,93	85,64	66,49	61,75
IAC-484	18,58	34,52	19,26	64,16	52,74	75,98
IAC-579	13,60	31,92	16,89	31,23	62,70	68,92
IAC-596	14,00	27,79	13,81	30,84	47,65	57,99
IAC-604	11,82	21,50	9,78	37,89	41,25	36,39
IAC-641	18,22	33,31	28,09	93,50	95,47	91,20
IAC-691	26,13	44,58	18,96	73,56	91,73	87,10
IAC-698	15,11	28,58	14,52	49,86	56,36	43,15
IAC-725	16,80	33,33	19,08	54,22	66,13	90,70
IAC-737	18,67	37,91	23,76	75,78	54,16	59,95
IAC-1063	18,80	31,68	17,96	37,58	43,26	65,74
IAC-1261	18,13	32,40	20,62	68,52	68,09	75,23
Uruguaiana	10,80	25,50	14,46	45,50	34,84	40,93
Ligeirinha	13,25	19,69	16,77	19,96	56,89	57,62
Canadense	13,11	34,24	20,50	24,76	57,36	68,75
Média geral	16,29	30,96	17,56	47,99	58,27	62,00
Média clones	17,02	31,80	17,62	51,35	59,88	63,17
Média test.	12,39	26,47	17,25	30,07	49,70	55,77
LSD	7,88	7,63	7,42	17,51	14,63	18,99

Quanto à análise de variância individual dos experimentos para avaliação da cor da polpa através do parâmetro a^* , foram constatadas diferenças estatísticas significativas entre os clones avaliados, o que implica na possibilidade de seleção entre os clones analisados para esse caráter. Os quadrados médios residuais encontram-se próximos e a precisão experimental foi alta para a maioria dos experimentos, exceto para o experimento Pir-B. Este experimento apresentou quadrado médio residual e coeficiente de variação um pouco maiores, porém com precisão experimental satisfatória. Isto possivelmente ocorreu devido à este experimento apresentar ciclo mais longo, permitindo a expressão do fenótipo de genótipos mais tardios, além do somatório de condições de adubação e irrigação diferentes dos demais.

Tabela 6. Resumo da análise de variância individual para a^* dos clones de batata-doce de polpa alaranjada

F.V.	G.L.	Q.M.			
		Camp-C1	Camp-A2	Moc-A	Pir-B
Clones	18	243,73**	272,39**	212,11**	171,58**
Resíduo	38	1,43	1,36	1,45	3,78
C.V. (%)	-	8,76	6,70	7,83	15,96

(*) significativo a 5% de probabilidade de erro pelo teste F; (**) significativo a 1% de probabilidade de erro pelo teste F; (ns) não significativo. F.V. (Fonte de Variação), G.L. (Graus de Liberdade); Q.M. (Quadrado Médio) e C.V. (Coeficiente de Variação Experimental)

Conforme a tabela 7 observa-se que as médias gerais da cor da polpa variaram pouco entre si, dentro e entre épocas e locais. Os clones selecionados, obviamente apresentaram médias superiores que a média das testemunhas e às médias gerais, em todas as épocas e locais. Isto ocorreu porque as testemunhas não apresentam polpa alaranjada, exceto a variedade uruguaiana que apresenta polpa levemente alaranjada não se enquadrando como um cultivar biofortificado.

Baseando-se nos valores de LSD é possível notar que os clones IAC-86, IAC-484 e IAC-604 destacaram-se com médias estatisticamente superiores em quase todas as épocas e locais, com exceção de Moc-A para os clones IAC-86 e IAC-604.

Tabela 7. Médias observadas de a* dos clones de batata-doce de polpa alaranjada

Clones	Camp-C1	Camp-A2	Moc-A	Pir-B
IAC-38	18,82	15,83	14,55	19,61
IAC-86	23,34	23,57	18,58	25,67
IAC-216	19,90	18,96	14,87	20,88
IAC-459	11,45	10,48	9,29	11,05
IAC-465	18,53	18,68	12,90	23,98
IAC-484	22,19	21,39	18,76	25,38
IAC-579	13,47	11,65	20,70	15,63
IAC-596	17,89	18,14	16,76	22,42
IAC-604	23,17	22,25	17,41	25,84
IAC-641	17,71	20,91	14,48	22,73
IAC-691	19,31	17,60	12,68	20,82
IAC-698	18,85	14,84	14,74	19,03
IAC-725	18,36	17,85	17,34	23,43
IAC-737	17,19	10,34	14,42	15,56
IAC-1063	20,15	18,14	15,72	22,50
IAC-1261	15,46	12,55	11,63	18,71
Uruguaiana	8,67	-0,35	5,04	9,69
Ligeirinha	-5,13	-6,24	-6,84	-5,51
Canadense	-7,01	-7,00	-6,07	-7,25
Média geral	15,38	13,66	16,68	17,38
Média clones	18,49	17,07	20,30	20,83
Média test.	-1,16	-4,53	-2,62	-1,02
LSD	1,96	1,91	1,98	3,02

Na tabela 8 é apresentado o resultado da análise de variância individual dos experimentos para a avaliação da matéria seca dos clones. É possível observar que houve diferenças estatísticas entre os clones, permitindo assim a seleção de clones com maiores percentuais de matéria seca. Não foi verificada discrepância entre os quadrados médios residuais dos experimentos e os coeficientes de variação revelaram boa precisão experimental para todos os experimentos realizados.

Tabela 8. Resumo da análise de variância individual para matéria seca (%) dos clones de batata-doce de polpa alaranjada

F.V.	G.L.	Q.M.		
		Camp-A1	Moc-A	Camp-C2
Bloco	2	5,65 ^{ns}	27,99**	0,07 ^{ns}
Clones	18	91,56**	51,87**	69,06**
Resíduos	36	1,91	1,80	0,49
C.V. (%)	-	6,30	5,35	3,57

(*) significativo a 5% de probabilidade de erro pelo teste F; (**) significativo a 1% de probabilidade de erro pelo teste F; (^{ns}) não significativo. F.V. (Fonte de Variação), G.L. (Graus de Liberdade); Q.M. (Quadrado Médio) e C.V. (Coeficiente de Variação Experimental)

De acordo com o que foi apresentado na tabela 9 as médias gerais de matéria seca não variaram muito entre si e as médias dos clones selecionados foram menores que as médias gerais e as médias das testemunhas para cada época e local. É interessante ressaltar que em estudos com batata-doce o teor de β -caroteno e matéria seca geralmente apresentam-se negativamente correlacionados (MWANGA et al., 2017). No entanto, a seleção de clones com alto teor de β -caroteno (polpa alaranjada) e razoável percentual de matéria seca é desejável, uma vez que o β -caroteno é um precursor de vitamina A, e o amido que é o principal componente da matéria seca, seria a principal fonte energética da batata-doce. Além disto, pode haver preferência dos consumidores por genótipos com maior percentual de matéria seca (GURMU; MEKONEN, 2018), o que deve ser considerado na seleção de clones, dado que a média de matéria seca das variedades comerciais está em torno de 24%. Segundo Gruneberg et al. (2009) no Brasil as raízes de batata-doce possuem altas concentrações de matéria seca (28 a 30%). Genótipos com menor

percentual de matéria seca (geralmente abaixo de 20%), apresentam propensão de menor conservação pós-colheita, encurtando o período de prateleira e utilização para consumo (dados não apresentados).

Gemenet et al. (2020) ao estudarem a base genética da correlação negativa entre β -caroteno e amido sugeriram que um dos genes associados ao teor de β -caroteno na batata-doce o *fitoeno sintase*, esteja ligado fisicamente ao gene *sacarose sintase*, gene associado a biossíntese de amido. Embora existam dificuldades em se obter clones com polpa alaranjada intensa e alto teor de matéria seca, é possível ter ganhos de seleção simultâneos para estes caracteres em batata-doce (CERVANTES-FLORES et al., 2011; MWANGA et al., 2017).

No presente trabalho alguns clones destacaram-se com bons teores de matéria seca. A partir dos valores de LSD foi possível verificar que no experimento Camp-A1 as médias dos clones IAC-459 e IAC-1063 não diferiram estatisticamente da média das testemunhas. O mesmo ocorreu para os clones IAC-38, IAC-86, IAC-216, IAC-459, IAC-604, IAC-737 e IAC-1063 no experimento Moc-A e para os clones IAC-216, IAC-459 e IAC-604 no experimento Camp-C2.

Tabela 9. Médias observadas da matéria seca (%) dos clones de batata-doce de polpa alaranjada

Clones	Camp-A1	Moc-A	Camp-C2
IAC-38	20,43	28,94	20,40
IAC-86	24,48	27,41	21,11
IAC-216	25,88	27,09	25,07
IAC-459	27,52	29,91	24,79
IAC-465	12,37	21,04	11,87
IAC-484	21,12	22,92	17,43
IAC-579	20,98	21,94	18,37
IAC-596	19,81	24,30	17,76
IAC-604	25,21	28,02	25,36
IAC-641	14,91	18,39	11,07
IAC-691	19,63	25,64	14,64
IAC-698	20,69	23,45	15,57
IAC-725	12,24	18,30	12,43
IAC-737	21,86	28,80	20,72
IAC-1063	26,63	27,75	21,33
IAC-1261	16,74	18,12	21,78
Uruguaiana	33,91	32,49	25,99
Ligeirinha	27,95	27,41	25,51
Canadense	24,52	25,12	21,11
Média geral	21,94	25,11	19,60
Média clones	20,66	24,50	18,73
Média test.	28,79	28,34	24,20
LSD	2,27	2,20	1,15

3.2. Análises conjunta dos experimentos

A análise conjunta de experimentos é de suma importância no melhoramento genético para detectar os efeitos de interação genótipos x ambientes e permitir a seleção de genótipos com superioridade genética. Os modelos mistos juntamente com a metodologia REML/BLUP mostram-se eficientes para esta análise, pois suportam bem a análise conjunta de experimentos desbalanceados, situação comum em programas de melhoramento de plantas e presente no atual trabalho. Embora um número reduzido de clones foram avaliados neste trabalho, optou-se pela predição do valor genético e posteriormente estimação das médias, devido à condição de desbalanceamento dos experimentos e para se obter maior acurácia das variâncias preditas nestas condições.

Na tabela 10 estão descritos os valores das variâncias e a significância dos efeitos sobre os caracteres estudados. Os valores das variâncias por sua vez, refletem a magnitude dos efeitos sobre os fenótipos. Para o caráter produtividade a variância genética foi menor do que a variância residual, o que pode dificultar a seleção para este caráter. Os caracteres cor e matéria seca tiveram variâncias genéticas maiores do que a variância residual, situação favorável para a seleção.

O efeito de época foi significativo para cor da polpa e afetou este caráter com menor magnitude do que o efeito genético. A relevância do efeito ambiental nos níveis de β -caroteno em batata-doce foi relatada em estudos anteriores, os quais também mostram que o efeito principal do ambiente é menos expressivo do que o efeito principal genético para o teor de β -caroteno em raízes de batata-doce (TUMWEGAMIRE et al., 2016). Maior contribuição do efeito genético em relação aos efeitos do ambiente e da interação GxE para o caráter matéria seca foi observada neste trabalho e resultado similar foi relatado em outros trabalhos (NGAILO et al., 2019).

A magnitude da variância de época para produtividade foi bastante elevada quando comparada com a variância entre genótipos, isto releva que a produtividade dos clones foi altamente influenciada pela época de plantio. Alguns estudos corroboram com este trabalho destacando a importância do ambiente e da interação GxA para a produtividade de raízes de batata-doce (KATHABWALIKA et al., 2013; ANDRADE et al., 2016; MUSTAMU et al., 2018; MBUSA et al., 2018; SWANCKAERT et al., 2020). Além da produtividade, o efeito de época foi significativo para os demais caracteres indicando que existe influência da época de desenvolvimento sobre estas características.

O efeito de interação GxE foi significativo para todos os caracteres, isto implica que o desempenho dos clones pode variar conforme a época. Portanto, para a seleção de clones superiores deve-se levar em conta a época de desenvolvimento. O efeito de interação GxL

também é relevante para a escolha de clones com polpa alaranjada mais intensa e maior percentual de matéria seca, pois este efeito foi significativo para estas características. Em contrapartida, verificou-se que não houve efeito de GxL na produtividade indicando que a seleção de clones para este caráter pode ser realizada de forma independente dos locais estudados.

Tabela 10. Resumo do teste de razão de verossimilhança dos componentes de variância para PROD (Produtividade, t ha⁻¹), a* e MS (Matéria Seca, %) dos clones de batata-doce de polpa alaranjada, em diferentes locais e épocas

F.V. ¹	Q.M.		
	PROD	a*	MS
Bloco/Local	18,90**	-	0,68**
Clones	91,75**	64,32**	14,16**
Épocas	645,28**	6,67**	2,55**
Clones x Épocas	135,94**	3,27**	3,37**
Clones x Locais	0,00 ^{ns}	2,20**	3,66**
Resíduo	121,33	1,99	1,43

¹ efeitos aleatórios. Teste de razão de verossimilhança (*Likelihood-ratio test*, LRT); (^{ns}) não significativo; (*) Significativo a 5% pelo LRT; (**) Significativo a 1% pelo LRT

A adoção dos modelos mistos permitiu a obtenção das médias genéticas via procedimento REML/BLUP. Desta forma, o ordenamento das médias não será feito com base em seus valores fenotípicos, uma vez que os valores fenotípicos estão sob a influência do ambiente. Na tabela 11 são apresentadas as médias BLUP dos caracteres produtividade, cor e matéria seca. Nota-se que a produtividade média dos clones é superior à média geral e à média das testemunhas confirmando a efetividade das seleções que vêm sendo realizadas no programa de melhoramento. Com base no valor do LSD, os clones IAC-465, IAC-484, IAC-641, IAC-691, IAC-725, IAC-737 e IAC-1261 apresentaram desempenho superiores e suas médias não diferiram estatisticamente entre si.

Em relação a cor, a média dos clones também se mostra superior à média geral e das testemunhas. Os clones IAC-86, IAC-484 e IAC-604 apresentaram médias superiores e que não diferiram estatisticamente entre si, sendo portanto, fortes candidatos à seleção como novas variedades ou como genitores em futuros cruzamentos, no que se refere à esta característica. Para o caráter matéria seca, a média dos clones foi próxima a média geral e a diferença entre a média dos clones e a média das testemunhas é relativamente pequena (4%). Embora existam dificuldades em selecionar clones de batata-doce de polpa alaranjada com alto teor de matéria seca, podem ser observados clones com médias estatisticamente iguais às médias das testemunhas, como os clones IAC-38, IAC-216, IAC-459, IAC-604, IAC-737 e IAC-1063.

Tabela 11. Médias BLUP dos caracteres produtividade (PROD, em t ha⁻¹), coloração das raízes tuberosas (parâmetro a*) e percentual de matéria seca nas raízes tuberosas (MS, em %)

Clone	PROD	a*	MS
IAC-38	39,10	18,06	22,43
IAC-86	31,71	23,33	22,31
IAC-216	38,75	17,75	23,73
IAC-459	41,08	12,12	24,75
IAC-465	52,11	18,55	15,94
IAC-484	48,57	22,39	19,11
IAC-579	41,62	16,99	19,08
IAC-596	38,24	19,35	19,69
IAC-604	34,81	22,53	24,15
IAC-641	59,79	19,42	14,76
IAC-691	55,56	18,20	19,02
IAC-698	40,41	17,79	18,59
IAC-725	49,56	19,65	15,12
IAC-737	49,25	15,66	22,57
IAC-1063	41,01	19,68	22,61
IAC-1261	50,48	15,11	18,73
Uruguaiana	36,55	6,63	26,45
Ligeirinha	36,61	-3,85	24,10
Canadense	40,15	-4,47	21,45
Média geral	43,44	15,52	20,77
Média clones	44,50	18,54	20,16
Média test.	37,77	-0,56	24,00
LSD	13,79	1,98	1,67

3.3. Análises de responsividade e estabilidade

O modelo GGE utilizado para estudar a interação genótipos x ambientes produz biplots que captam os efeitos genotípicos e de interação genótipos x ambientes. A visualização do gráfico GGE Biplot “Média vs Estabilidade” é uma ferramenta eficaz para a avaliação de genótipos em ambos os aspectos e foi utilizada em outros estudos para avaliação de batatas-doces de polpa alaranjada (GURMU; MEKONEN, 2018; KARUNIAWAN et al., 2021). A figura 3 apresenta o desempenho médio e a estabilidade relativa dos clones de batata-doce nos diferentes ambientes para o caráter produtividade. Os dois primeiros componentes principais explicaram cerca de 91,87% da variação observada, o primeiro componente principal (PC1) explicou 70,97% e o segundo componente principal (PC2) explicou 20,90%.

Segundo as informações obtidas no gráfico, os genótipos que apresentaram estabilidade muito alta foram os clones IAC-1063, IAC-1261 e IAC-641. Os clones considerados de estabilidade alta foram IAC-484, IAC-596, IAC-691 e IAC-459. Os clones considerados com estabilidade intermediária foram IAC-86, IAC-698, IAC-604, IAC-725, IAC-38, Ligeirinha, IAC-579 e Uruguaiana. Os clones com estabilidade considerada baixa foram Canadense, IAC-737, IAC-465 e IAC-216. Quanto à produtividade média, a ordem decrescente para os clones foi IAC-641, IAC-691, IAC-1261, IAC-465, IAC-725, IAC-484, IAC-737, IAC-579, Canadense, IAC-459, IAC-1063, IAC-698, IAC-38, IAC-216, IAC-596, Ligeirinha, Uruguaiana, IAC-604 e IAC-86. Os clones IAC-641, IAC-691, IAC-1261 e IAC-484 se destacaram com produtividade média acima da média geral e estabilidade entre muito alta e alta.

Os experimentos instalados na época A apresentaram as menores médias gerais dos clones, enquanto que os experimentos em que os plantios ocorreram nas épocas C e B apresentaram maiores médias de produtividade. Na época A também foi detectada maior estabilidade dos clones. Segundo Erpen et al. (2013), elementos climáticos como temperatura do ar, fotoperíodo e radiação solar são fatores determinantes do crescimento, desenvolvimento e produtividade da batata-doce. A prevalência de temperaturas adequadas durante o ciclo é fundamental para a tuberação desta espécie, sendo que temperaturas baixas ou altas demais podem restringir o seu desenvolvimento. A cultura também demanda por radiação solar elevada para a formação de matéria seca e o crescimento das raízes. Na época A foram identificadas baixas médias de temperatura e radiação solar (tabela 2) o que provavelmente limitou o desenvolvimento da cultura e gerou baixas médias de produtividade para esta época de desenvolvimento. Apesar do experimento da época B enfrentar condições de inverno durante o período inicial de desenvolvimento das plantas, o ciclo perdurou por meses em que as condições

do ambiente foram bastante vantajosas à produtividade de raízes. O experimento da época B apresentou a menor estabilidade dos clones. Os resultados sugerem que as épocas B e C foram melhores discriminantes dos genótipos para este caráter.

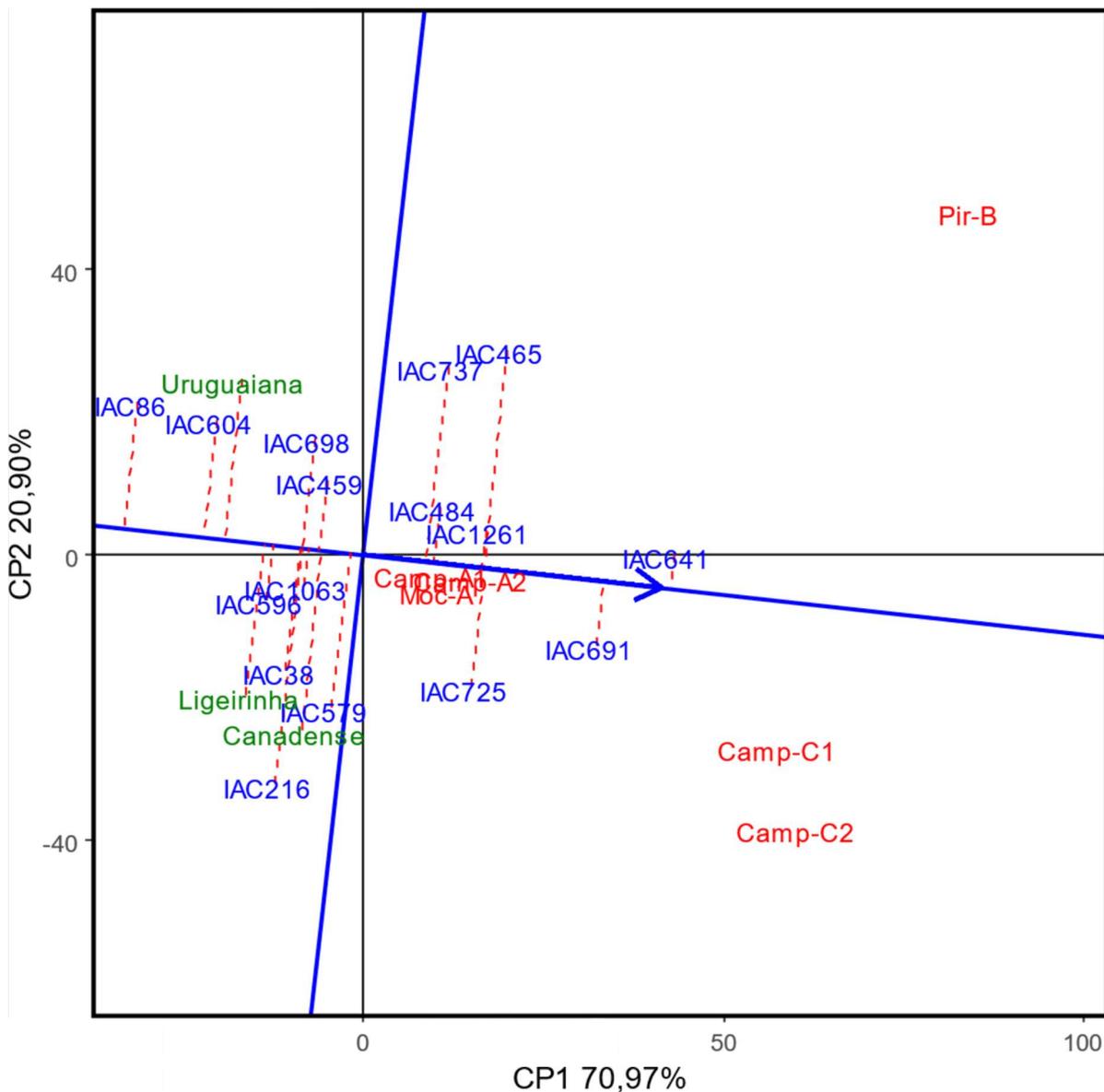


Figura 3. Relação entre a média e a estabilidade para produção de raízes tuberosas ($t\ ha^{-1}$) dos clones de batata-doce de polpa alaranjada e testemunhas

No gráfico GGE Biplot para cor (Figura 4) observa-se que os componentes principais explicaram 98,47% da variação observada, o PC1 explicou 95,55% e o PC2 explicou 2,92% da variação. Os valores de a^* médios dos clones encontram-se próximos com exceção das testemunhas que possuem médias menores do que os clones avaliados. Este resultado já era esperado pois todos os clones apresentam polpa alaranjada e as testemunhas possuem polpa de cores mais claras. Os clones de forma geral exibiram alta estabilidade para essa característica, com

excessão dos clones IAC-579, IAC-737 e IAC-216. Diferente das épocas A e C, na época B os clones mostraram-se menos estáveis. De forma geral, um dos resultados mais importantes dessa análise é que a característica de coloração da polpa das raízes é bastante estável, variando pouco entre ambientes.

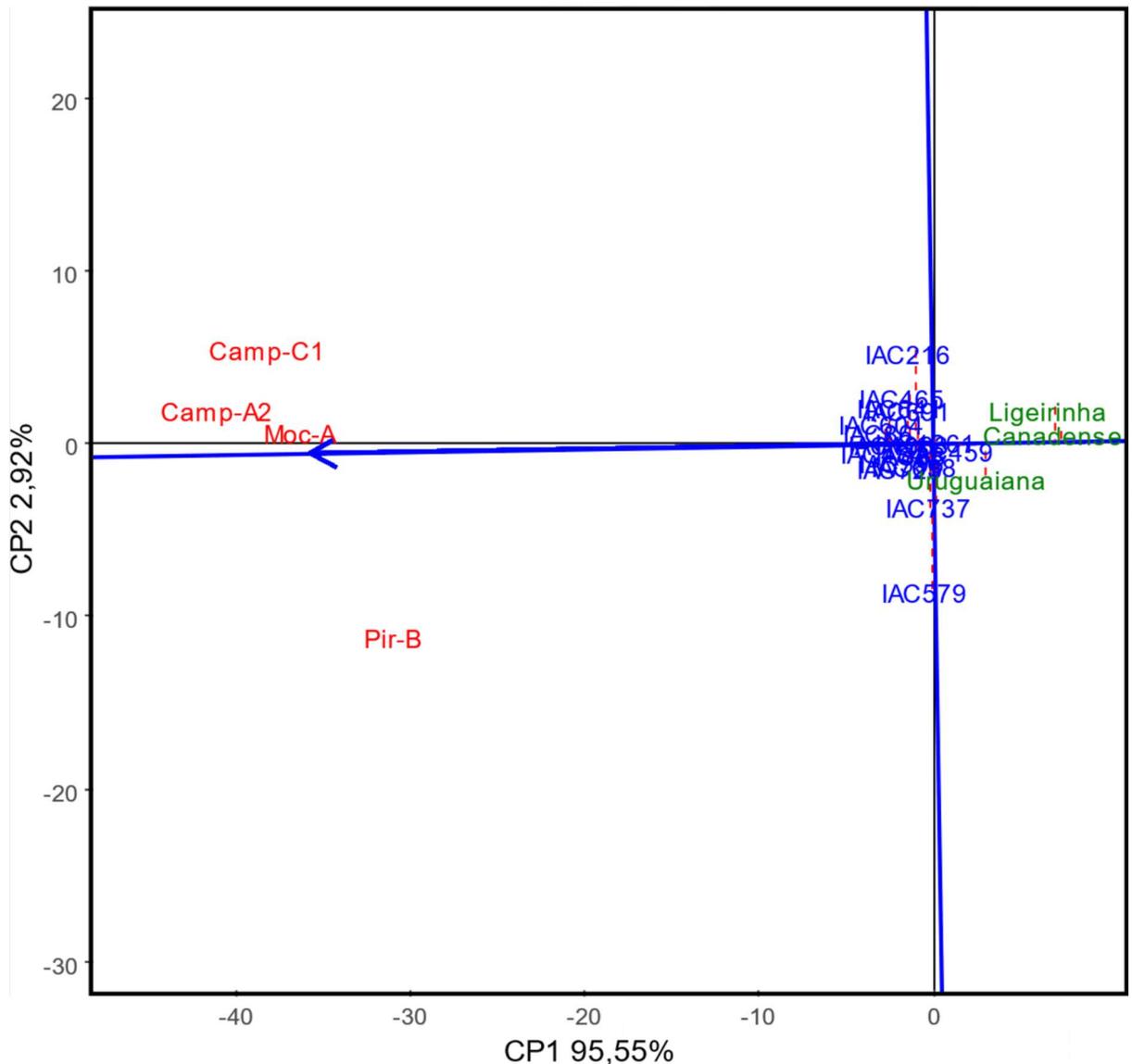


Figura 4. Relação entre a média e a estabilidade para coloração da polpa das raízes tuberosas (parâmetro a^*) dos clones de batata-doce de polpa alaranjada e testemunhas

Já para o caráter matéria seca, os componentes principais explicaram 96,47% da variação observada no gráfico (Figura 5). O PC1 explicou 89,08% e o PC2 explicou 7,39%. Os valores de matéria seca média encontram-se relativamente próximos entre os clones para as épocas e os locais avaliados. As testemunhas como já esperado, destacaram-se com valores maiores de matéria seca média, porém com baixa estabilidade. Quanto aos locais, Moc-A proporcionou valores mais baixos de matéria seca ao passo que em Camp-C3 e Camp-A2, puderam ser

observadas médias um pouco mais altas para essa característica. A variedade Uruguaiana destaca-se por ter bom percentual médio de matéria seca, no entanto com estabilidade menor em relação aos demais. Os clones IAC-1261 e IAC-691 também destacaram-se dos outros por terem baixa estabilidade em acúmulo de matéria seca nos ambientes estudados. Além disso, possuem médias abaixo da média geral.

Algo importante que se pode notar, é que o percentual de matéria seca possui estabilidade intermediária entre produtividade e coloração das raízes, sendo uma característica em que as testemunhas mostraram valores mais altos em relação os clones, que de maneira geral, ficaram abaixo da média. Esse fato já era esperado, pois de acordo com o que foi discutido anteriormente, matéria seca e acúmulo de carotenóides são negativamente correlacionados. De certa forma, como houve inicialmente a priorização da seleção para coloração da polpa das raízes, a resposta na variável matéria seca acabou levando a valores menores na população selecionada como um todo. Em conformidade com este resultado Otoboni et al. (2020) ao selecionar 30 clones de batata-doce de polpa alaranjada, encontraram pequeno ganho de seleção para a variável teor de matéria seca. Mais adiante será possível constatar que a magnitude desta correlação negativa é baixa, permitindo a seleção de clones com polpa alaranjada com percentual de matéria seca similar aos valores encontrados nas testemunhas.

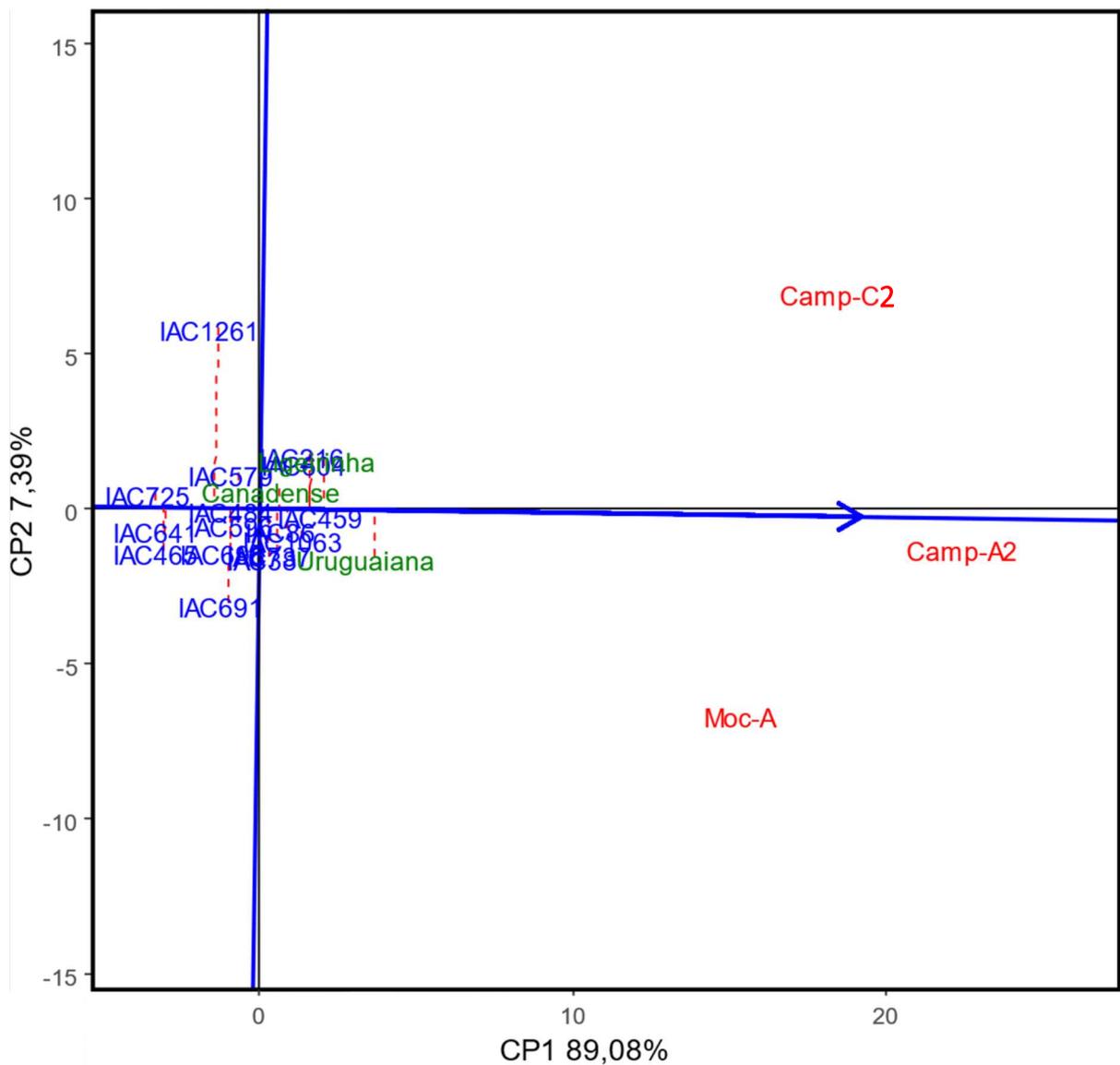


Figura 5. Relação entre a média e a estabilidade para percentual de matéria seca (%) das raízes tuberosas dos clones de batata-doce de polpa alaranjada e testemunhas

3.4. Análise de aceitabilidade do sabor

Para se obter algumas informações gerais sobre a percepção pelos consumidores do sabor dos novos clones selecionados, raízes cozidas de todos os materiais e das testemunhas comerciais foram submetidas a um teste no qual julgadores atribuíram notas para um conjunto de 11 características. Estas características englobaram a percepção que cada avaliador teve sobre doçura, sabor de forma geral, sabor e aroma característicos de batata-doce, sabor e aroma característicos de abóbora, sensação de fibras, textura e umidade e, por fim, uma nota sobre o quanto a cor e aparência geral da polpa cozida agradavam visualmente o avaliador. Estas

características foram avaliadas somente com as raízes de Camp-A2, sendo essa avaliação menos representativa que as demais, cujos dados foram obtidos por meio de diferentes experimentos. No entanto, tomando as testemunhas comerciais como referência, foi possível ter uma ideia geral da possível aceitação das raízes de polpa alaranjada para consumo direto como batata-doce cozida pelos consumidores.

Na tabela 12 é apresentado o resumo da análise de variância das características sensoriais das raízes. Todos os atributos sensoriais avaliados tiveram efeito de clones significativo, indicando que há variabilidade genética para cada variável, sendo possível realizar a seleção de clones com atributos que possam ser mais agradáveis aos consumidores. De modo geral, os coeficientes de variação foram altos, o que pode ser explicado pela diferença de preferência entre os avaliadores e pela própria avaliação que é subjetiva.

Uma vez identificadas diferenças significativas entre as variáveis associadas à aceitabilidade do sabor, procedeu-se a comparação de médias entre elas. Algo que vale a pena comentar, é o fato de que as notas atribuídas para as características foram alocadas de modo que quanto maior o valor, melhor é a característica. Mesmo caracteres como sabor de abóbora (SAB) e aroma de abóbora (AAB), que são indesejáveis, apresentam menor expressão conforme maior o valor. Assim, na tabela 11, fica fácil notar os pontos fortes e fracos de cada clone, com relação aos atributos de aceitabilidade do sabor estudados.

De acordo com Laurie et al. (2015), um dos principais parâmetros de aceitabilidade do sabor é concentração de maltose nas raízes, responsável, em grande parte, pelo sabor característico de batata-doce. Contudo, não foi possível neste trabalho quantificar as concentrações de maltose nos clones, sendo avaliada somente a percepção de doçura e sabor característico de batata-doce, tomados aqui como indicadores das concentrações de açúcares nas raízes.

Tabela 12. Resumo da análise de variância dos atributos DOC (Doçura), FB (Fibras), UMI (Umidade), TEX (Textura), ABD (Aroma de batata-doce), SBD (Sabor de batata-doce), AAB (Aroma de abóbora), SAB (Sabor de abóbora), CPO (Cor da polpa), SBR (Sabor) e APA (aparência geral) dos clones de batata-doce, oriundos do experimento Camp-A2

F.V.	G.L.	Q.M.										
		DOC	FB	UMI	TEX	ABD	SBD	AAB	SAB	CPO	SBR	APA
Clones	18	3,52**	1,82*	4,42**	4,48**	2,27**	3,08**	7,34**	7,55**	1,45*	2,11**	1,70**
Resíduo	247	0,79	0,93	0,64	0,69	0,81	0,77	1,20	1,22	0,79	0,44	0,42
C.V. (%)	-	33,11	31,28	29,47	28,42	33,34	32,26	30,94	30,82	24,68	20,33	19,20

(*) significativo a 5% de probabilidade de erro pelo teste F; (**) significativo a 1% de probabilidade de erro pelo teste F; (ns) não significativo. F.V. (Fonte de Variação), G.L. (Graus de Liberdade); Q.M. (Quadrado Médio) e C.V. (Coeficiente de Variação Experimental)

Na tabela 13 são apresentadas as médias das variáveis sensoriais avaliadas. As médias dos clones foram, de forma geral, menores do que as médias das testemunhas e médias gerais para todas as características avaliadas. Esse fato já era esperado, uma vez que os clones não passaram por seleção prévia para características sensoriais. No entanto, alguns clones chegaram a se igualar ou mesmo superar as médias das três testemunhas utilizadas, para algumas das características sensoriais analisadas, tomando como base os valores de LSD.

Dentre as 11 variáveis sensoriais estudadas, as mais importantes seriam a doçura (DOC) e o sabor (SBR), as quais de certa forma representam melhor a principal característica da batata-doce, que é o sabor adocicado. A percepção geral de sabor é função de uma série de fatores, dentre os quais a doçura é um dos mais importantes, mas também havendo contribuição do aroma, textura, umidade, entre outros, cuja combinação pode trazer a percepção sensorial de sabor, que ainda assim é relativamente subjetiva, variando conforme a preferência de cada um. Quando tomadas avaliações de um número relativamente grande de avaliadores, é possível captar a preferência geral das pessoas, como referência mais consistente da preferência dos consumidores. Neste trabalho, foi possível contar somente com 14 avaliadores, com idades variando de 18 até 62 anos. Assim, temos informações relevantes, mas que possuem algumas limitações devido ao número de voluntários do estudo e também pelo fato de ter sido utilizado somente um ambiente. Será feita aqui então, uma breve discussão sobre estes parâmetros e os demais serão analisados mais adiante, por meio do estudo de associação de caracteres.

Com relação à doçura, tanto as testemunhas quando os clones foram classificados em média como intermediários, sendo que algumas médias tenderam para pouco doce e outras para doce, não sendo obtidas notas nos extremos. De forma geral, a maior parte dos clones não diferiu estatisticamente das três testemunhas quanto à doçura, com destaque para IAC-604 e IAC-216, que apresentaram as maiores médias, sendo estas significativamente maiores que as testemunhas Ligeirinha e Canadense. Esse resultado é positivo, pois em termos da percepção da doçura, os clones mostram-se compatíveis com as testemunhas que já possuem boa aceitação pelo consumidor.

Quanto ao sabor (SBR), as testemunhas e a maior parte dos clones foram classificados como razoável e bom, mostrando novamente que os clones de polpa alaranjada são similares às testemunhas para essa característica. Dentre os clones, o IAC-216 destacou-se quanto ao sabor em comparação com as testemunhas, sendo o único classificado com sabor entre “bom” e “muito bom”. No entanto, como demonstrado no gráfico GGE biplot para produtividade, este foi o pior clone em estabilidade de produção, variando bastante conforme o ambiente. Isso leva a crer

que a avaliação de sabor, se tomados vários ambientes, possa também ter comportamento não previsível.

Tabela 13. Médias das variáveis DOC (Doçura), UMI (Umidade), TEX (Textura), FB (Fibras), ABD (Aroma de batata-doce), SBD (Sabor de batata-doce), AAB (Aroma de abóbora), SAB (Sabor de abóbora), CPO (Cor da polpa), SBR (Sabor) e APA (aparência geral) dos clones de batata-doce, oriundos do experimento Camp-A2

Clones	DOC	UMI	TEX	FB	ABD	SBD	AAB	SAB	CPO	SBR	APA
IAC-38	2,57	2,14	2,07	3,21	2,29	2,29	3,21	3,36	3,21	2,86	3,14
IAC-86	3,21	2,14	2,50	3,93	2,64	2,43	2,64	2,57	3,07	3,29	3,00
IAC-216	3,50	2,50	2,79	3,21	3,29	3,57	4,07	4,00	4,14	4,29	4,29
IAC-459	3,14	3,07	3,07	2,57	3,00	3,14	4,00	4,07	3,21	3,21	3,07
IAC-465	2,79	1,93	2,43	3,14	2,43	2,43	3,71	3,79	3,50	3,00	3,14
IAC-484	3,00	1,79	2,00	3,43	2,71	2,79	3,71	3,79	3,64	3,36	3,50
IAC-579	2,00	3,36	3,36	2,57	2,79	2,79	3,93	4,00	2,86	2,71	3,00
IAC-596	2,07	3,21	3,71	2,29	2,07	1,86	2,21	2,21	2,86	2,71	3,14
IAC-604	3,64	2,00	2,50	3,43	2,07	2,14	1,93	1,93	3,64	3,57	3,86
IAC-641	2,14	3,21	2,86	3,07	2,71	2,57	3,79	4,00	3,29	3,14	3,50
IAC-691	2,36	2,43	2,50	3,14	2,36	2,36	2,64	2,86	3,50	3,29	3,29
IAC-698	2,64	2,86	3,00	3,00	2,93	2,86	3,43	3,50	3,50	3,14	3,21
IAC-725	2,43	3,29	3,21	3,29	3,14	3,07	4,50	4,50	3,57	3,64	3,64
IAC-737	2,36	3,29	3,43	2,93	2,86	2,79	3,86	3,93	3,36	2,71	2,93
IAC-1063	2,71	2,36	2,79	3,07	3,36	3,14	3,86	3,86	3,57	3,29	3,50
IAC-1261	2,00	2,93	3,36	3,00	2,36	2,50	3,43	3,79	3,64	3,00	3,43
Uruguiana	3,21	3,57	4,07	2,86	3,36	3,71	4,36	4,43	3,79	3,43	3,36
Ligeirinha	2,36	3,21	3,57	3,21	2,43	2,64	3,50	3,21	3,57	3,57	3,64
Canadense	2,93	2,50	2,43	3,29	2,71	2,50	4,43	4,43	3,79	3,50	3,79
Média geral	2,69	2,73	2,93	3,09	2,71	2,71	3,54	3,59	3,46	3,25	3,39
Média clones	2,66	2,66	2,85	3,08	2,69	2,67	3,43	3,51	3,41	3,20	3,35
Média test.	2,83	3,09	3,36	3,12	2,83	2,95	4,10	4,02	3,72	3,50	3,60
LSD	0,67	0,60	0,62	0,72	0,67	0,66	0,82	0,83	0,67	0,50	0,48

3.5. Correlação entre caracteres agronômicos e sensoriais

É importante em um programa de melhoramento conhecer as associações entre os caracteres, principalmente quando uma das características apresenta baixa herdabilidade ou é de difícil mensuração. As correlações fenotípicas são mensuradas a partir dos dados observados e tem causas genéticas e ambientais, em que apenas as genéticas são associações herdáveis e devem ser consideradas na seleção dos genótipos desejáveis (CRUZ et al., 2012). Em busca de informações relevantes para orientar na escolha dos clones, observa-se a magnitude e o sinal das correlações entre as características. A alta magnitude indica a existência de relações lineares entre os caracteres analisados (CRUZ et al., 2010). O sinal por sua vez, indica que quando dois caracteres são positivamente correlacionados a seleção para um caráter favorecerá o outro, enquanto que a seleção para caracteres com correlação negativa resultará em ganho para um caráter em detrimento do outro.

A tabela 14 apresenta as correlações fenotípicas entre os caracteres estudados e as notas médias das variáveis sensoriais e os seus respectivos p-valores. Pare se obter a matriz de correlações apresentada, foram consideradas as médias gerais de cada variável, considerando todos os ambientes em que foram mensuradas. No total, foram incluídas todas as 14 variáveis estudadas neste trabalho, para se ter uma visão geral das associações entre as mesmas. Foi possível notar que a maior parte das variáveis apresentou correlação não significativa em si, sendo que somente algumas mostraram algum nível significativo de variação conjunta, em diferentes magnitudes.

Dentre todas as correlações apresentadas é importante dar atenção para aquelas relacionadas com a produtividade (PROD), coloração da polpa das raízes (COR), percentual de matéria seca nas raízes tuberosas (MS), doçura (DOC) e sabor (SBR), pois estas são as principais variáveis de interesse neste trabalho. Assim, é possível notar que existe correlação negativa entre produtividade e matéria seca das raízes, ou seja, há uma tendência geral de que os clones mais produtivos possuam menor percentual de matéria seca nas raízes tuberosas e sejam também menos doces, diferente deste resultado Badu et al. (2017), Mbusa et al. (2018) e Gurmu, Hussein e Laing (2018) verificaram correlação positiva e de baixa magnitude entre produtividade e peso seco de raízes.

Não houve correlação significativa entre produtividade, sabor e coloração das raízes, mostrando que é possível selecionar clones mais produtivos, com polpa alaranjada e com sabor dentro dos padrões de aceitação comercial. Tomlins et al. (2012) verificaram a correlação entre características sensoriais de 11 clones de batata-doce que variavam quanto ao teor de

carotenoides e matéria seca e observaram que os cultivares de polpa alaranjada estavam associados com atributos como aroma e sabor de abóbora, textura macia e aquosa e aparência uniforme das raízes, enquanto que a matéria seca estava correlacionada com textura e doçura.

Sabor e doçura também estão correlacionados e, embora em moderada magnitude, isso reflete até certo ponto, que parte da composição da percepção de sabor é devido à doçura das raízes cozidas. Outro ponto interessante que chama a atenção, é que o sabor também mostrou correlação significativa com a cor da polpa (CPO) e a aparência (APA). Esse fato é interessante e merece atenção, pois o aspecto visual das raízes cozidas com tonalidades alaranjadas, pode ter sido um fator de indução ou estímulo inconsciente para atribuir melhores notas de sabor aos materiais de polpa alaranjada. De certa forma, a impressão visual causada pela coloração diferenciada das raízes, não deixa de ser então um atributo que torna esses clones mais atrativos.

Enfim, dada a complexidade de se avaliar várias características sensoriais e agronômicas em conjunto, a última etapa deste trabalho, que se trata da utilização de um índice de seleção para indicar os melhores clones, utilizará somente o parâmetro mais genérico de sabor (SBR), como uma das variáveis que de certa forma mais reúne as demais variáveis sensoriais.

Tabela 14. Coeficientes de correlação de Pearson (abaixo da diagonal) e p-valores (acima da diagonal) entre os caracteres PROD (Produtividade), COR, MS (Matéria seca), DOC (Doçura), UMI (Umidade), TEX (Textura), FB (Fibras), ABD (Aroma de batata-doce), SBD (Sabor de batata-doce), AAB (Aroma de abóbora), SAB (Sabor de abóbora), CPO (Cor da polpa), SBR (Sabor) e APA (Aparência geral)

	PROD	COR	MS	DOC	UMI	TEX	FB	ABD	SBD	AAB	SAB	CPO	SBR	APA
PROD	-	0,37	<0,01	0,03	0,79	0,59	0,68	0,85	0,73	0,36	0,16	0,89	0,36	0,72
COR	0,22	-	0,12	0,87	0,17	0,16	0,62	0,72	0,48	0,08	0,15	0,23	0,44	0,40
MS	-0,74	-0,37	-	0,01	0,95	0,44	0,99	0,45	0,18	0,79	0,56	0,38	0,26	0,61
DOC	-0,51	0,04	0,57	-	0,03	0,14	0,04	0,28	0,15	0,93	0,72	0,03	<0,01	0,07
UMI	0,07	-0,36	0,01	-0,49	-	<0,01	<0,01	0,20	0,18	0,17	0,14	0,38	0,47	0,46
TEX	-0,13	-0,34	0,19	-0,35	0,90	-	<0,01	0,32	0,20	0,44	0,50	0,60	0,53	0,54
FB	-0,10	0,12	0,00	0,47	-0,63	-0,62	-	0,89	0,80	0,66	0,56	0,11	0,04	0,17
ABD	-0,05	-0,09	0,18	0,26	0,31	0,24	-0,04	-	<0,01	<0,01	<0,01	0,11	0,07	0,46
SBD	-0,08	-0,17	0,32	0,34	0,33	0,31	-0,06	0,94	-	<0,01	<0,01	0,03	0,03	0,26
AAB	0,22	-0,42	-0,07	-0,02	0,36	0,19	-0,11	0,77	0,74	-	<0,01	0,18	0,34	0,50
SAB	0,34	-0,38	-0,14	-0,09	0,36	0,16	-0,14	0,73	0,71	0,98	-	0,14	0,56	0,66
CPO	0,04	-0,29	0,21	0,50	-0,21	-0,13	0,38	0,38	0,51	0,37	0,35	-	<0,01	<0,01
SBR	-0,22	-0,19	0,27	0,65	-0,19	-0,15	0,49	0,39	0,49	0,26	0,14	0,78	-	<0,01
APA	-0,09	-0,21	0,13	0,42	-0,18	-0,15	0,33	0,18	0,27	0,16	0,11	0,79	0,87	-

Valores em negrito e sublinhados representam correlações significativas a 5 % de probabilidade de erro pelo teste t. Correlações em nível de média geral de todos os locais e épocas, para todas as variáveis

3.6. Índice de seleção

Uma das maiores dificuldades de melhorista é selecionar genótipos que reúnam diversas características favoráveis para uma determinada cultura. Quando se trata do melhoramento de hortaliças, é preciso ainda considerar caracteres relacionados à qualidade e aceitação pelo consumidor, pois nem sempre o melhor genótipo em termos de desempenho agrônômico é aquele que será o mais aceito e demandado pelo mercado. Por outro lado, não se pode priorizar só a aceitação pelo consumidor, uma vez que os agricultores dependem de genótipos estáveis e produtivos, para que sua atividade agrícola-econômica seja rentável.

No caso da batata-doce, esta é uma cultura muito conhecida pela sua rusticidade e baixa demanda por tecnologia. Por outro lado, é uma cultura que vem ganhando cada vez maior expressão, dado o aumento nas áreas de cultivo no país, ligado ao aumento do consumo; e também aumento pela demanda para a indústria de processamento. Enfim, neste último tópico, será apresentado o ordenamento dos genótipos estudados, levando em consideração os caracteres de produtividade, percentual de matéria seca, coloração das raízes, estabilidade de produção e sabor, utilizados para estruturar um índice de seleção.

Foi utilizado o índice de seleção com base na soma de postos ou *rank*s, proposto por Mulamba e Mock (1978). Neste índice, os genótipos são ordenados para cada característica, sendo que as médias mais altas ou baixas (de acordo com o que for mais desejável) recebem a numeração do *rank*, de acordo com seu ordenamento. Assim, a primeira média no ordenamento receberá a nota 1, a segunda a nota 2, e assim por diante. Para as variáveis produtividade (PROD), percentual de matéria seca (MS) e coloração das raízes (COR, parâmetro a^*), o ordenamento foi contínuo. Para a variável estabilidade de produção (EST), os clones foram agrupados tomando como base o gráfico GGE Biplot apresentado (figura 3). Neste caso, os clones que ficaram distantes até três pontos em relação ao eixo de estabilidade, receberam nota 1; aqueles que ficaram entre três e nove pontos distantes deste eixo, ficaram com nota 3; já a nota 5, foi atribuída aos clones que ficaram distantes de dez a quinze pontos deste eixo; e por fim, os clones que se distanciaram acima de quinze pontos do eixo de estabilidade, ficaram com nota 7. Essa classificação foi idealizada de modo que não houve grande vantagem ou penalização de genótipos que variaram pouco entre si em relação à estabilidade de produtividade.

Com relação ao sabor, os valores da escala de notas original variaram de um até cinco. Assim, para o ordenamento dos clones quando ao sabor, o *rank* 1 foi atribuído aos clones com notas de sabor acima de 4,0; o *rank* 2 aos clones com notas entre 3,5 e 4,0; o *rank* 3 para notas de

sabor entre 3,0 e 3,5; e o *rank* 4 notas entre 2,5 e 3,0. Novamente, essa classificação buscou evitar que algum clone fosse demasiadamente favorecido ou prejudicado no Índice de Seleção, uma vez que a variável sabor é menos robusta e mais subjetiva que as demais, e seu ordenamento sem uma classificação mais enxuta, poderiam levar a algum viés no ordenamento e indicação final do clone.

Na tabela 15, é possível observar o resultado final do ordenamento dos clones de acordo com o Índice de Seleção aplicado. As notas de posição que determinaram a ordem dos melhores genótipos mostram os pontos fortes e fracos de cada clone, o que pode ajudar em uma avaliação mais geral daquele que reúne os melhores atributos. Os índices com valores iguais foram desempatados conforme a nota de produtividade. Nesta classificação, o clone IAC-1063 aparece na primeira posição, em que podemos notar seu melhor desempenho conjunto em percentual de matéria seca, coloração das raízes tuberosas e estabilidade. Quanto ao sabor, ele foi equivalente a uma das testemunhas no ordenamento. Já em relação à produtividade, ficou na décima posição, sendo este o ponto mais fraco do genótipo. Por outro lado, embora a menor posição no *rank* para produtividade, o clone IAC-1063 não diferiu estatisticamente das três testemunhas, em sua média geral.

Neste Índice, o genótipo mais produtivo IAC-641, ficou na terceira posição. Embora ele tenha boa estabilidade, coloração das raízes e sabor, ele foi penalizado por apresentar menores valores de matéria seca, sendo o último clone nesta característica. Como visto anteriormente, percentual de matéria seca e produtividade são negativamente correlacionados, sendo difícil obter valores elevados para ambas as características em um mesmo clone.

Na tabela 15, fica evidente também que a coloração das raízes, sendo um caráter não correlacionado com a produtividade e com o percentual de matéria seca, contribuiu para reunir os melhores genótipos para esta variável nas primeiras posições do ordenamento, ao passo que produtividade e percentual de matéria seca apareceram em contraste no ordenamento. Por fim, o índice aplicado foi eficiente para colocar em evidência um dos clones que apresentam boa produtividade, percentual de matéria seca dentro da média das testemunhas comerciais, boa coloração e sabor, e alta estabilidade de produtividade em condições contrastantes de ambiente. Com base nisso, este trabalho aponta o clone IAC-1063 como um dos mais promissores para ser lançado como novo cultivar de batata-doce de polpa alaranjada. Conforme pode ser visto nas fotos constantes do Anexo, este clone possui formato alongado e pele rosada, que são características já conhecidas e associadas ao perfil morfológico geralmente aceito pelos consumidores, o que pode ser uma vantagem adicional.

Tabela 15. Índice de seleção e ordenamento de clones de batata-doce de polpa alaranjada

Clone	PROD	EST	a*	MS	SBR	ÍNDICE	Rank
IAC-1063	10	1	4	6	3	24	1
IAC-484	7	3	3	12	3	28	2
IAC-641	1	1	6	19	3	30	3
IAC-604	18	5	2	3	2	30	3
IAC-691	2	3	9	14	3	31	4
IAC-459	9	3	16	2	3	33	5
IAC-725	5	5	5	18	2	35	6
IAC-86	19	5	1	9	3	37	7
IAC-465	3	7	8	17	3	38	8
IAC-1261	4	1	15	15	3	38	8
IAC-737	6	7	14	7	4	38	8
IAC-216	14	7	12	5	1	39	9
IAC-38	13	5	10	8	4	40	10
IAC-596	15	3	7	13	4	42	11
IAC-579	8	5	13	13	4	43	12
Uruguaiana	17	5	17	1	3	43	12
Ligeirinha	16	5	18	4	2	45	13
IAC-698	11	5	11	16	3	46	14
Canadense	12	5	19	10	2	48	15

4. CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos neste trabalho, são apresentadas as seguintes conclusões:

- 1) Existe variabilidade para todas as características estudadas, sendo possível selecionar clones por meio de seus atributos individuais ou em conjunto;
- 2) A análise de responsividade e estabilidade para produtividade de raízes tuberosas de polpa alaranjada mostrou que existe interação entre clones e ambientes, sendo que as interações mais expressivas ocorreram em função da época de desenvolvimento das plantas e não em relação aos diferentes locais;
- 3) As características de coloração alaranjada da polpa e percentual de matéria seca das raízes tuberosas mostraram-se estáveis, sendo seu comportamento mais previsível no cultivo dos clones de batata-doce em diferentes locais e épocas;
- 4) O Índice de Seleção foi eficiente em indicar o clone IAC-1063, como sendo aquele que reúne, na média, as características de boa produtividade, percentual de matéria seca nas raízes tuberosas, coloração alaranjada, estabilidade produtividade e sabor.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE JÚNIOR, V. C. et al. Potencial quantitativo e qualitativo de genótipos batata-doce. **Scientia Agraria**, Paraná, v. 19, n. 1, p. 28, 10 abr. 2018.
- ANDRADE, M. I. et al. Release of orange-fleshed sweetpotato (*Ipomoea batatas* [L.] Lam.) cultivars in Mozambique through an accelerated breeding scheme. **The Journal Of Agricultural Science**, [S.l.], v. 155, n. 6, p. 919-929, dez. 2016.
- BADU, M. et al. Character association studies for yield and yield related traits in orange flesh sweet potato [*Ipomea Batatas* (L.) Lam.] genotypes. **The Bioscan**, [S.l.], v. 10, p. 61-67, 2017.
- BONFATTI JÚNIOR, E. A.; LENGOWSKI, E. C. Colorimetria aplicada à ciência e tecnologia da madeira. **Pesquisa Florestal Brasileira**, [S.l.], v. 38, 2018.
- BORÉM, A.; MIRANDA, G. V. **Melhoramento de Plantas**. 6 ed. Viçosa: UFV, 2013.
- CAMARGO, L. K. P. et al. Uso de índice de seleção na identificação de genótipos de batata doce com diferentes aptidões. **Horticultura Brasileira**, [S.l.], v. 34, n. 4, p. 514-519, dez. 2016.
- CARMONA, P. A. O. et al. Divergência genética entre acessos de batata-doce utilizando descritores morfoagronômicos das raízes. **Horticultura Brasileira**, [S.l.], v. 33, p. 241-250, 2015.
- CARVALHO, J. L. V. **Novos Horizontes em Alimentos Fortificados e Suplementos Alimentares: Biofortificação: Do campo a mesa**. Disponível em: <<http://ilsibrasil.org/wp-content/uploads/sites/9/2018/08/11h-15-Dr.-Jose-Luiz-Viana-de-Carvalho-HarvestPlus-LAC-ILSI-2018.pdf>>. Acesso em: 15 fev. 2019.
- CEAGESP. Batata-doce (*Ipomoea batatas* L.): Normas de Classificação. **Programa Brasileiro para Modernização da Horticultura**, São Paulo, v. 12, n. 2, jul. 2014.
- CERVANTES-FLORES, J. C. et al. Identification of quantitative trait loci for dry-matter, starch, and β -carotene content in sweetpotato. **Molecular Breeding**, [S.l.], v. 28, p. 201-216, 2011.
- COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ECLAIRAGE. **Colorimetry**. Viena: Central Bureau of the CIE, p. 82, 2004.
- CRUZ, C. D. **Princípios de Genética Quantitativa**. 1. ed. Viçosa: UFV, 2010.

- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J., CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2012.
- EMBRAPA. **Batata-doce Beauregard**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/en/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/7172/batata-doce-beauregard#:~:text=A%20cultivar%20Beauregard%20possui%20ra%C3%ADzesa%200%20metros%20entre%20plantas>>. Acesso em: 19. jan. 2021.
- EMBRAPA. **Batata-doce: BRS Amélia**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/906460/batata-doce-brs-amelia>>. Acesso em: 19 jan. 2021.
- EMBRAPA. **Embrapa apresenta o potencial da batata-doce biofortificada para a merenda escolar**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/33490417/embrapa-apresenta-o-potencial-da-batata-doce-biofortificada-para-a-merenda-escolar>>. Acesso em: 14 fev. 2019.
- ERPEN, L. et al. Tuberação e produtividade de batata-doce em função de datas de plantio em clima subtropical. **Bragantia**, [S.l.], v. 72, n. 4, p. 396-402, 2013.
- FAO, et al. **The State of Food Security and Nutrition in the World**. Disponível em: <<https://doi.org/10.4060/ca9692en>>. Acesso em: 21 jan. 2021.
- FAO. **Crops**. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>>. Acesso em: 30 dez. 2020.
- FERREIRA, J. C.; RESENDE, G. M. **Batata-doce: Cultivar adequada faz toda a diferença**. Disponível em: <<https://revistacampoenegocios.com.br/batata-doce-cultivar-adequada-faz-toda-a-diferenca/>>. Acesso em: 30 dez. 2020.
- FRUTOS, E.; GALINDO, M. P.; LEIVA, V. An interactive biplot implementation in R for modeling genotype-by-environment interaction. **Stochastic Environmental Research Risk Assessment**, n. 28, p. 1629–1641, 2014.
- GAJANAYAKE, B.; REDDY, K. R.; SHANKLE, M. W. Quantifying Growth and Developmental Responses of Sweetpotato to Mid- and Late-Season Temperature. **Agronomy Journal**, [S.l.], v. 107, n. 5, p. 1854-1862, set. 2015.
- GARG, M. et al. Biofortified Crops Generated by Breeding, Agronomy, and Transgenic Approaches Are Improving Lives of Millions of People around the World. **Front Nutr.** [S.l.], v. 14, p. 5-12, fev. 2018.

- GEMENET, D. C. et al. Quantitative trait loci and differential gene expression analyses reveal the genetic basis for negatively associated β -carotene and starch content in hexaploid sweetpotato [*Ipomoea batatas* (L.) Lam.]. **Theoretical and Applied Genetics**, [S.l.], v. 133, p. 23-36, 2020.
- GRÜNEBERG, W. et al. Selection methods: part 5: breeding clonally propagated crops: breeding clonally propagated crops. *In*: CECCARELLI, S.; GUIMARÃES, E. P.; WELTZIEN, E. (ed.). **Plant breeding and farmer participation**. Rome: Food And Agriculture Organization Of The United Nations, 2009. Cap.13. p. 275-322.
- GURMU, F.; MEKONEN, S. Evaluation of root yield performance of newly bred orange-fleshed sweet potato genotypes in Ethiopia. **Journal Of Agricultural And Crop Research**, [S.l.], v. 7, n. 1, p. 9-17, 29 jan. 2019.
- GURMU, F.; HUSSEIN, S.; LAING, M. Combining Ability, Heterosis, and Heritability of Storage Root Dry Matter, Beta-Carotene, and Yield-related Traits in Sweetpotato. **Hortscience**, [S.l.], v. 53, n. 2, p. 167-175, fev. 2018.
- HARVESTPLUS. **Latin America and the Caribbean**. Disponível em: <<https://www.harvestplus.org/where-we-work/latin-america-and-caribbean>>. Acesso: em 16 fev. 2019.
- HUAMÁN, Z. **Morphologic identification of duplicates in collections of *Ipomoea batatas***. Lima: International Potato Center, p.28, 1992.
- ISOBE, S.; SHIRASAWA, K.; HIRAKAWA, H. Challenges to genome sequence dissection in sweetpotato. **Breeding Science**, [S.l.], v. 67, n. 1, p. 35-40, 2017.
- ITILE, R. A.; KABELKA, E. A. Correlation Between L* a* b* Color Space Values and Carotenoid Content in Pumpkins and Squash (*Cucurbita* spp). **HortScience horts**, [S.l.], v. 44, n. 3, p. 633-637, 2009.
- JHA, A. B.; WARKENTIN, T. D. Biofortification of Pulse Crops: Status and Future Perspectives. **Plants**, [S.l.], v. 9, p. 73, jan. 2020.
- KARUNIAWAN, A. et al. Yield stability analysis of orange - Fleshed sweet potato in Indonesia using AMMI and GGE biplot. **Heliyon**, [S.l.], p. 6881, abr. 2021.

- KATHABWALIKA, D. M. et al. Plant growth and yield stability of orange fleshed sweet potato (*Ipomoea batatas*) genotypes in three agro-ecological zones of Malawi. **International Research Journal of Agricultural Science and Soil**. [S.l.], v. 3, p. 383-392, 2013.
- KEHOE, S. H. et al. Effects of a food-based intervention on markers of micronutrient status among Indian women of low socio-economic status. **British Journal Of Nutrition**, [S.l.], v. 113, n. 5, p. 813-821, fev. 2015.
- LAGERKVIST, C. J. et al. Nutrition promotion messages: The effect of information on consumer sensory expectations, experiences and emotions of vitamin A-biofortified sweet potato. **Food Quality and Preference**, [S.l.], v. 52, p. 143-152, set. 2016.
- LAURIE, S. et al. Biofortification of sweet potato for food and nutrition security in South Africa. **Food Research International**, [S.l.], v. 76, p. 962-970, out. 2015.
- LIMA NETO, I. S. **Pré-melhoramento de abóbora (*Curcubita moschata* Duch.) visando biofortificação em carotenoides**. 2013. 96 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2013.
- LIMA, R. B. et al. Coverage and educational actions related to the national vitamin A supplementation program: a study in children from the state of Alagoas. **Jornal de Pediatria**, [S.l.], v. 96, n. 2, p. 184-192, mar./abr. 2020.
- LOW, J. W. et al. Tackling vitamin A deficiency with biofortified sweetpotato in sub-Saharan Africa. **Global food security**, [S.l.], v. 14, p. 23-30, 2017.
- MBUSA, H. K. et al. Magnitude of G x E interaction on root yield of 25 orange and white-fleshed sweetpotato varieties in Kenya. **African Journal of Rural Development**, [S.l.], v. 3, n. 3, p. 843-848, ago. 2018.
- MELLO, A. F. S. **A importância socioeconômica da batata-doce para a agricultura brasileira**. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1040871/1/EDICAO17a6.pdf>>. Acesso em: 30 dez. 2020.
- MIRANDA, J. E. C. et al. **A cultura da Batata-doce**. Embrapa – CNPH, Brasília: Coleção Plantar; 1ª ed.; 94 p.; 1995.
- MULAMBA, N. N.; MOCK, J. J. Improvement of yield potential of the Eto Blanco maize (*Zea mays* L.) population by breeding for plant traits. **Egypt Journal of Genetics and Cytology**, [S.l.], v. 7, p. 40-51, 1978.

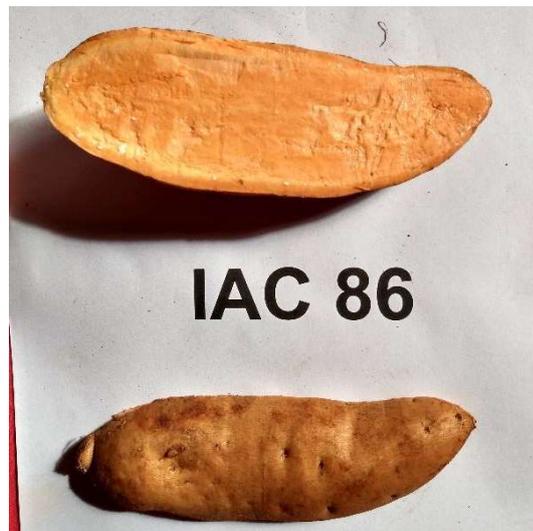
- MUSTAMU, Y. A. et al. Selection of superior genotype of sweet-potato in Indonesia based on stability and adaptability. **Chilean Journal Of Agricultural Research**, [S.l.], v. 78, n. 4, p. 461-469, dez. 2018.
- MWANGA, R. O. M. et al. Sweetpotato (*Ipomoea batatas* L.). In: CAMPOS, H.; CALIGARI, P. D. S. **Genetic Improvement of Tropical Crops**. Cham: Springer, 2017. p. 181-218.
- NAIDOO, S. I. M. et al. Genetic analysis of yield and flesh colour in sweetpotato. **African Crop Science Journal**, [S.l.], v. 24, n. 1, p. 61-73, fev. 2016.
- NASS, L. L.; MIRANDA FILHO, J. B.; SANTOS, M. X. Uso de germoplasma exótico no melhoramento. In: NASS, L. L. et al. **Recursos Genéticos e Melhoramento de Plantas**. Rondonópolis: Fundação MT, 2001. p. 101-122.
- NESTEL, P. et al. Biofortification of staple food crops. **Journal of Nutrition**, [S.l.], v. 136, p. 1064-1067, abr. 2006.
- NGAILO, S. et al. Genotype-by-environment interaction of newly-developed sweet potato genotypes for storage root yield, yield-related traits and resistance to sweet potato virus disease. **Heliyon**, [S.l.], v. 5, n. 3, p. 1448, mar. 2019.
- OLIVEIRA, A. C. B. et al. Variabilidade genética em batata-doce com base em marcadores isoenzimáticos. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 4, p. 576-582, dez. 2002.
- OTOBONI, M. E. F. et al. Genetic parameters and gain from selection in sweet potato genotypes with high beta-carotene content. **Crop Breed. Appl. Biotechnology**, Viçosa, v. 20, n. 3, 2020.
- OTOBONI, M. E. F. et al. Genetic parameters and gain from selection in sweet potato genotypes with high beta-carotene content. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 20, n. 3. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1984-70332020v20n3a42>>. Acesso em: 25 maio 2021.
- PEREIRA, A. S. **Teores de carotenóides em cenoura (*Daucus carota* L.) e sua relação com a coloração das raízes**. 2002. 128 f. Tese (Doutorado em Ciências e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2002.
- ROSSEL, G. **Cultivated Sweetpotato Germplasm Collection**. Disponível em: <<https://cipotato.org/genebankcip/process/sweetpotato/sweet-cultivated/>>. Acesso em: 14 jan. 2021.

- SCHWARZ, G. Estimating the Dimension of a Model. **The Annals of Statistics**, v. 6, n. 2, p. 461-464, mar. 1978.
- SEROCZYNSKA, A. et al. Relationship between carotenoid content and flower or fruit flesh colour of winter squash (*Cucurbita maxima Duch.*). **Horticulturae**, [S.l.], v. 18, p. 51-61, jan. 2006.
- SWANCKAERT, J. et al. Variance component estimations and mega-environments for sweetpotato breeding in West Africa. **Crop Science**, [S.l.], v. 60, n. 1, p. 50-61, jan. 2020.
- TAKAHATA, Y.; NODA T.; NAGATA, T. HPLC determination of β -carotene of sweetpotato cultivars and its relationship with color values. **Japanese Journal of Breeding**, [S.l.], v. 43, p. 421-427, 1993.
- TOMLINS, K. et al. Relationship among the carotenoid content, dry matter content and sensory attributes of sweet potato. **Food Chemistry**, [S.l.], v. 131, n. 1, p. 14-21, mar. 2012.
- TUMWEGAMIRE, S. et al. Genotype \times Environment Interactions for East African Orange-Fleshed Sweetpotato Clones Evaluated across Varying Ecogeographic Conditions in Uganda. **Crop Science**, [S.l.], v. 56, n. 4, p. 1628-1644, jul. 2016.
- VARGAS, P. F. et al. Prediction of genetic gains through selection of sweet potato accessions. **Horticultura Brasileira**, [S.l.], v. 38, n. 4, p. 387-393, dez. 2020.

ANEXO



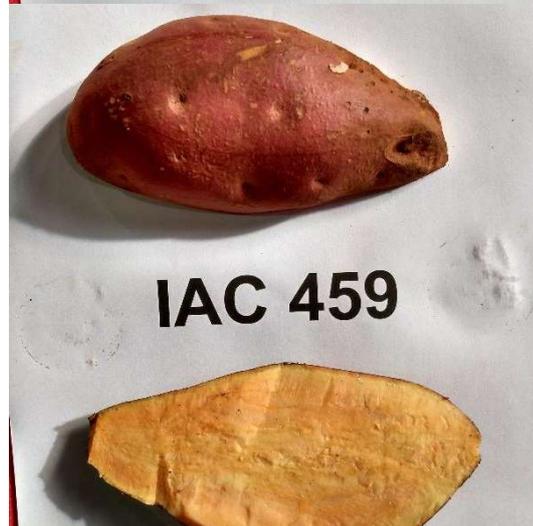
IAC 38



IAC 86



IAC 216



IAC 459



IAC 465



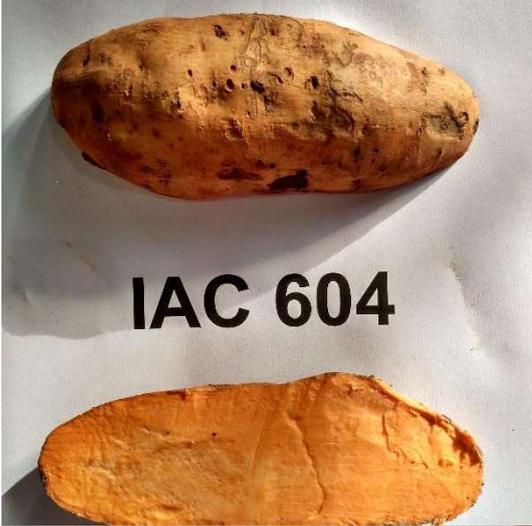
IAC 484



IAC 579



IAC 596



IAC 604



IAC 641



IAC 691



IAC 698



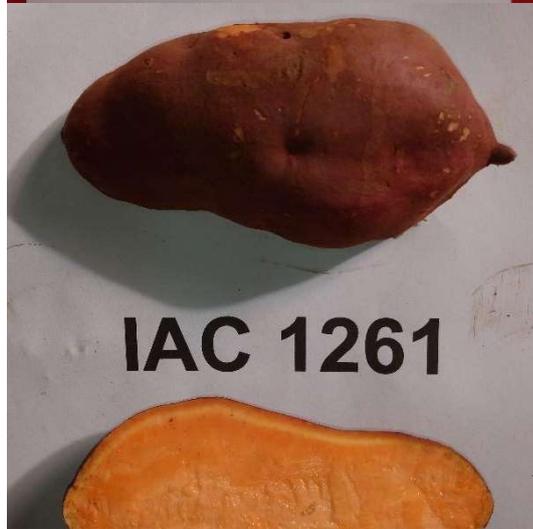
IAC 725



IAC 737



IAC 1063



IAC 1261



**SRT 338
(Urug.)**



**SRT 339
(Ligueir.)**

