

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA ‘JÚLIO DE MESQUITA FILHO’
FACULDADE DE ENGENHARIA
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

LUCAS LEITE ALVES

**CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA E DIVERSIDADE GENÉTICA EM
GENÓTIPOS AVANÇADOS DE BATATA-DOCE**

Ilha Solteira

2023

LUCAS LEITE ALVES

**CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA E DIVERSIDADE GENÉTICA EM
GENÓTIPOS AVANÇADOS DE BATATA-DOCE**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira -
Unesp, como parte dos requisitos para obtenção
do título de Engenheiro Agrônomo.

Prof. Dr. Bruno Ettore Pavan

Orientador

Ilha Solteira

2023

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

Alves, Lucas Leite.

A474c Caracterização morfológica e diversidade genética em genótipos avançados de batata-doce / Lucas Leite Alves. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2023
35 f. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Agrônoma) -
Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2023

Orientador: Bruno Ettore Pavan

Inclui bibliografia

1. Batata doce. 2. Biofortificação. 3. Diversidade. 4. Proteção e registro de cultivares.


Amanda Sertori dos Santos

Bibliotecária - CRB/8-9061
Seção Técnica de Referência, Atendimento ao
Usuário e Documentação
Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA - CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA
CURSO DE ENGENHARIA AGRÔNOMICA

ATA DA DEFESA – TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**TÍTULO: CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA E DIVERSIDADE
GENÉTICA EM GENÓTIPOS AVANÇADOS DE BATATA - DOCE**

ALUNO: LUCAS LEITE ALVES

ORIENTADOR: PROF. DR. BRUNO ETTORE PAVAN

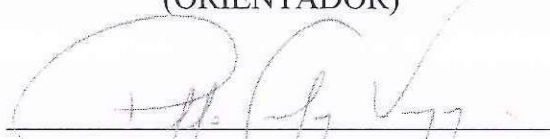
Aprovado (X) - Reprovado () pela Comissão Examinadora. Nota: 8,0

Comissão Examinadora:



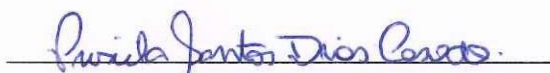
PROF. DR. BRUNO ETTORE PAVAN

(ORIENTADOR)



PROF. DR. PABLO FORLAN VARGAS

UNESP - REGISTRO



PRISCILA SANTOS DIAS CASADO

(Doutoranda em Agronomia FEIS-UNESP)



Documento assinado digitalmente

LUCAS LEITE ALVES

Data: 07/12/2023 18:01:56-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

ALUNO: LUCAS LEITE ALVES

Ilha Solteira (SP) 20 de novembro de 2023.

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Paulo e Cristiane, as minhas tias, Ana e Néa, aos meus avós, Dirce e Hédio, além de todas as pessoas que me fazem ser o que sou hoje, por investirem seu tempo e confiança.

AGRADECIMENTOS

A toda minha família, meus avós Hélio e Dirce, aos meus pais Cristiane e Paulo, tias Ana e Néa, minha irmã Ana, minha namorada Maria e meu cunhado Antonio por toda ajuda, tempo e dedicação investidos.

Ao orientador professor Doutor Bruno Pavan e doutoranda Maria Eduarda pelos ensinamentos, orientações, auxílios e a todos os amigos e colegas do grupo de Melhoramento de Plantas.

À honrosa FEIS – UNESP, todo seu corpo docente, técnico e administrativo, que sempre me auxiliaram nessa trajetória, em especial para Raiane Santos pela ajuda na etapa final..

A República Bola Azul, pelos anos de convivências na qual me ensinaram o significado de fraternidade, companheirismo e respeito, por todos os almoços e momentos juntos.

Aos companheiros da faculdade de Engenharia de Ilha Solteira e aos grupos no qual fiz parte.

À banca avaliadora por dedicar parte de seu tempo para avaliar este trabalho e fazer parte deste momento importante.

Ao técnico do laboratório de Nutrição de Plantas, Marcelo Rinaldi. por me fazer acreditar e desenvolver meu lado profissional.

Meus mais sinceros agradecimentos.

“Feliz aquele que transfere o que
sabe e aprende o que ensina.”
(Cora Coralina)

RESUMO

A deficiência de vitamina A no Brasil pode ser considerada um problema de saúde pública e afeta os segmentos mais pobres da população. O betacaroteno é um precursor de provitamina A e está presente na dieta dos seres humanos devido aos seus diversos benefícios para a saúde, as batatas-doces de polpa alaranjadas apresentam grande potencial nutritivo e são ricas nesses carotenoides. Diante desse pressuposto, o presente trabalho foi derivado de um projeto em execução desde 2018, com a finalidade de introduzir e selecionar genótipos de batata-doce com altos teores de betacaroteno para o estado de São Paulo. Foram obtidos genótipos por meio de um campo de cruzamentos não controlados (polycross) de uma população elite (parentais) de batata-doce, do programa de melhoramento genético do International Potato Center para o continente Africano. Foi realizado o teste de Distinguiabilidade, Homogeneidade e Estabilidade (DHE) no município de Ilha Solteira-SP, na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (Unidade Pomar) da Universidade Estadual Paulista – UNESP, Campus de Ilha Solteira. No intuito de identificar a diversidade genética entre os genótipos de batata-doce avaliados, realizou-se o agrupamento de otimização segundo método de Tocher e dendrograma de Ward. Os conjuntos de genótipos avaliados demonstraram alta variabilidade e diversidade genética, comprovando a distinguibilidade entre eles, representando, portanto, possibilidades para proteção de cultivares. Os genótipos 55-20 e 60-26 se destacaram em relação a diversidade genética, ficando em grupos distintos dos demais nos dois métodos utilizados, podendo ser utilizados como fonte de variação genética.

Palavras-chave: batata doce, biofortificação, diversidade, proteção e registro de cultivares.

ABSTRACT

Vitamin A deficiency in Brazil can be considered a public health problem and affects the poorest segments of the population. Beta-carotene is a precursor of provitamin A and is present in the human diet due to its many health benefits, orange-fleshed sweet potatoes have great nutritional potential and are rich in these carotenoids. The present work was derived from a project that has been running since 2018, aiming introducing and selecting sweet potato genotypes with high beta-carotene levels for the state of São Paulo. Genotypes were obtained through a field of uncontrolled crosses (polycross) of an elite population (parents) of sweet potatoes from the International Potato Center's breeding program for the African continent. The Distinguishability, Homogeneity and Stability (DHS) test was installed in the city of Ilha Solteira-SP, at the Teaching, Research and Extension Farm (Pomar Unit) of the Universidade Estadual Paulista - UNESP, Ilha Solteira Campus. In order to identify the genetic diversity among the sweet potato genotypes evaluated, optimization clustering was carried out using the Tocher method and Ward's dendrogram. The sets of genotypes evaluated showed high variability and genetic diversity, proving that they are distinguishable and therefore represent possibilities for protecting cultivars. Genotypes 55-20 and 60-26 stood out in terms of genetic diversity, remaining in distinct groups from the others in the two methods used, and could be used as a source of genetic variation.

Keywords: sweet potato, biofortified, diversity, cultivar protection.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Dendograma de dissimilaridade genética entre 13 genótipos de batata-doce pelo método de Ward a partir de análise de caracteres morfológicos das plantas. Ilha Solteira-SP, 2023.	31
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Caracterização morfológica do ensaio de Distinguilidade, Homogeneidade e Estabilidade de genótipos de batata-doce	26
Tabela 2. Estimativas de parâmetros genéticos e valores genotípicos em caracteres morfológicos.....	29
Tabela 3. Agrupamento formado e Distância Intra e Intergrupo de 13 genótipos de batata-doce pelo método Tocher. Ilha Solteira-SP, 2023.	30

LISTA DE QUADRO

Quadro 1. Descritores mínimos morfológicos de batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) .21

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	14
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1.	ASPECTOS GERAIS DA BATATA-DOCE.....	15
2.2.	ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS.....	16
2.3.	PROTEÇÃO E REGISTRO DE NOVAS CULTIVARES	18
3.	MATERIAL E MÉTODOS	19
3.1.	IDENTIFICAÇÃO DO MATERIAL GENÉTICO	19
3.2.	DELINEAMENTO E CONDUÇÃO EXPERIMENTAL	20
3.3.	DESCRITORES MÍNIMOS E CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA	20
3.4.	ANÁLISES ESTATÍSTICAS	23
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
5.	CONCLUSÃO.....	32
	REFERÊNCIAS	33

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é considerado o principal produtor sul-americano de batata-doce com 847 mil toneladas colhidas no ano de 2022 (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE, 2022). Sendo o estado de São Paulo é o maior produtor do país com mais de 160 mil toneladas colhidas distribuídas em 9.122 hectares (IBGE, 2022), demonstrando a potencialidade do estado na produção da cultura. O cultivo dessa raiz tuberosa é favorecido pela rusticidade de produção, adaptabilidade a diferentes tipos de solo e clima, possibilidades de alta capacidade produtiva e importância socioeconômica devido ao alto teor nutricional (ANDRADE JÚNIOR et al., 2013).

Devido ao baixo custo de produção, a batata-doce representa um excelente cultivo para comunidades ribeirinhas, agricultura familiar, contribuindo de forma significativa na renda desses produtores e desempenhando um papel chave para a segurança alimentar destas sociedades com a utilização de alimentos biofortificados (MARIANTE; SAMPAIO; INGLIS, 2008).

A batata-doce é pertencente à família botânica *Convolvulacea*, é uma planta hexaplóide e autoincompatível, o que justifica a alta variabilidade genética encontrada na cultura, sendo constatados diversos fenótipos e genótipos dentro da espécie (RITSCHER et al., 2010). Devido a variabilidade fenotípica observada, são identificadas diversas possibilidades de coloração de casca e polpa das raízes, sendo no Brasil, as de polpas brancas, amarelas e cremes, as mais consumidas (SILVA et al., 2021), já as de polpa alaranjadas, dificilmente são encontradas no mercado nacional, embora apresentem grande potencial nutritivo e sejam ricas em carotenoides, principalmente, betacaroteno, que é um precursor de provitamina A.

Esta provitamina está presente na dieta dos seres humanos devido aos diversos benefícios para a saúde, agindo como antioxidante, auxiliando no bom desenvolvimento da visão, pele e corpo (SILVA et al., 2021), evitando prejuízos no crescimento e nas funções imunológicas, podendo essa vitamina no Brasil ser considerada um problema de saúde pública, principalmente nas regiões Norte, Nordeste e Sudeste do país (MILAGRES et al., 2007).

Em crianças, representa uma das mais importantes causas de cegueira evitável e morbimortalidade por infecções que afetam os segmentos mais pobres da população (LIMA; DAMIANI; FUJIMORI, 2018), uma estratégia sustentável para o combate a carência desse nutriente é a introdução de alimentos biofortificados, como no caso de batatas-doces de polpa alaranjada rica em betacaroteno, conseqüentemente precursor de provitamina A, que aliado à

genótipos com boas produtividades e adaptabilidade nas regiões cultivadas, podem garantir a segurança alimentar da população, principalmente mais carente (VARGAS et al., 2018).

Embora o cultivo de batata-doce apresente diversos pontos favoráveis, como relatado anteriormente, os estudos referentes à cultura ainda são incipientes, principalmente com relação à genótipos mais adaptados às regiões produtoras e ao baixo nível tecnológico aplicado pela maioria dos produtores, sobretudo no uso de cultivares melhoradas, o que resulta na baixa produtividade nacional encontrada na cultura (14,5 t ha⁻¹) (IBGE, 2022). Atualmente apenas 49 cultivares de batata-doce estão registradas no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA (MAPA, 2023), expondo a necessidade do desenvolvimento de novas cultivares da cultura. Entretanto, para que uma nova cultivar seja lançada no mercado de uma forma que garanta ao obtentor alguns direitos exclusivos sobre ela, é necessário a solicitação de proteção de cultivares através do Serviço Nacional de Proteção de Cultivares – SNPC/MAPA. Para isso, o (a) pesquisador (a) deve realizar os testes de Distinguiabilidade, Homogeneidade e Estabilidade (DHE), seguindo diretrizes impostas pelo MAPA (BRASIL, 2011). Em 24 de Janeiro de 2020, o MAPA divulgou as instruções para execução dos ensaios de DHE de cultivares de batata-doce, tornando-se necessário a avaliação por meio de 23 descritores morfológicos.

Diante disso, objetivou-se com este trabalho, realizar a caracterização morfológica, por meio de um teste de Distinguiabilidade, Homogeneidade e Estabilidade e identificar a diversidade genética de genótipos avançados de batata-doce pertencentes ao programa de melhoramento genético da cultura na Unesp, para fins de proteção de cultivares.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. ASPECTOS GERAIS DA BATATA-DOCE

A batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) é uma hortaliça tuberosa originária do continente americano, porém uma determinação mais precisa de sua origem botânica, geográfica e o período de domesticação ainda não foi encontrado (LEBOT, 2010). Pertence ao gênero *Ipomoea* e à família botânica *Convolvulaceae*, sendo o único membro hexaplóide na família ($2n = 6x = 90$), resultando em grande variabilidade genotípica e fenotípica na espécie, sendo de fácil observação nas diferentes cores, sabores, texturas, formatos, além de aspectos que conferem resistências e rendimento (MELLO, 2022).

Considerada uma planta herbácea perene, a batata-doce é cultivada como cultura anual (RUÍZ et al., 2017). É uma dicotiledônea e pela sua fácil adaptação é amplamente cultivada em regiões tropicais e temperadas quentes, em cultivo anual variando de 12 a 35 semanas (MELLO, 2022). Seu hábito de crescimento é predominantemente prostrado, possuindo ramas que se espalham pelo solo de forma rápida, variando suas cores desde verde até vermelho-púrpura (LEBOT, 2010). É uma planta rústica, de ampla adaptação, alta tolerância à seca e de fácil cultivo (SILVA, J. B. C. da; LOPES, C. A., 1995).

O sistema radicular da batata-doce consiste em dois tipos de raízes, as tuberosas, na qual se tem o interesse econômico e é responsável por armazenar os produtos provenientes da fotossíntese e as fibrosas, responsáveis por absorver nutrientes e fixar as plantas no solo (LEBOT, 2010). A formação das raízes tuberosas juntamente com a floração é induzida por dias curtos, alta intensidade luminosa, altos níveis de sacarose e inibido por altos teores de nitrogênio, altas temperaturas e pelo ácido giberélico (JACKSON, 1999).

As flores são hermafroditas, com corolas gamopétalas possuindo cinco pétalas unidas em formas de funil (infundibuliformes), dispostas em inflorescências do tipo cimeira (LEBOT, 2010), podendo variar de um branco-rosado até roxos mais escuros, sendo elas de fecundação cruzada devido à mecanismos de autoincompatibilidade (EDMOND; AMMERMAN, 1971).

As quatro primeiras semanas pós plantio são consideradas semanas críticas para a cultura, pois mesmo sendo uma planta tropical, nessa fase, determina-se o crescimento, elevando ou reduzindo a produtividade de raízes tuberosas devido a fatores abióticos (SILVA, J. B. C. da; LOPES, C. A., 1995); É ideal que se tenha umidade suficiente no solo e sendo indispensável a irrigação em caso de déficit hídrico (THOMPSON et al., 1992).

Para implantação da cultura, o mais comum é a propagação assexuada, podendo-se utilizar de três meios. O primeiro consiste na utilização das próprias batatas-doces, promovendo a brotação das raízes selecionadas. A segunda forma obtém-se ramas-sementes provenientes de lavouras em desenvolvimento, onde é feita a remoção de uma haste da cultura para enraizamento e reprodução. O terceiro método é adquirir mudas pré-enraizadas que podem ser encontradas em viveiros (SILVA, J. B. C. da; LOPES, C. A., 1995). Todos os modos de propagação possuem desempenho satisfatório para a cultura, tendo apenas que se atentar ao fato de ramas-sementes se desidratarem muito rápido, sendo indispensável a irrigação para seu pré-enraizamento e desenvolvimento sadio (THOMPSON et al., 1992).

2.2. ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS

A batata-doce é amplamente produzida ao redor do mundo, tendo destaque nas regiões tropicais e temperadas como a África, Ásia e América. Possui um grande potencial como alimento energético, contendo em média 85% de carboidratos em sua matéria seca, sendo o amido seu principal componente (FERREIRA; RESENDE, 2019).

A batata-doce é a sexta hortaliça mais cultivada no Brasil, e a quarta mais consumida no país (FERREIRA; RESENDE, 2019), com uma área de cultivo estimada em 58.540 hectares e uma produção anual de 847.100 toneladas (IBGE, 2022). Sua produção vem demonstrando grande alta nos últimos anos. De 2012 à 2022, a área plantada com a cultura demonstrou uma evolução de mais de 40%, representando uma área adicional de 18.420 hectares, com aumento de mais de 75% da produtividade, saindo de uma produção de 479.425 toneladas em 2012 para 847.100 toneladas em 2022 (IBGE, 2022).

A cultura é uma das principais hortaliças a produzir energia por unidade de área e tempo (kcal/ha/dia). Essa característica, aliada ao custo relativamente baixo de implantação e manutenção, faz com que a batata-doce seja adaptada aos sistemas de baixo nível tecnológico, sendo comum encontrá-la em hortas comunitárias, escolares e em pequenas propriedades de agricultura familiar (FERREIRA; RESENDE, 2019).

A batata-doce pode ser consumida de várias maneiras diferentes: cozida, assada ou frita, além da possibilidade de utilização no preparado de doces. Já na indústria, é a matéria prima para a produção de pães, doces, etanol, além de ter um amido de alta qualidade, no qual pode ser empregado na fabricação de glucose, cosméticos, tecidos, papel e adesivos (SILVA, J. B. C.; LOPES, C. A., 1995).

Em um contexto histórico, a batata-doce foi uma importante fonte de alimento para a população em episódios caóticos da história global, como na crise de 1929 dos Estados Unidos da América (EUA), que por se tratar de uma hortaliça barata e nutritiva foi amplamente consumida. Em episódios mais recentes como na China em 1954, quando inundações e condições climáticas desfavoráveis ocasionaram grandes perdas nas lavouras de arroz, desde então, a batata-doce estabeleceu-se de vez no país asiático, sendo atualmente o maior produtor da cultura (FERNANDES et al, 2021).

No Brasil, a procura pela batata-doce aumentou principalmente pela busca por uma alimentação mais saudável. Seu baixo índice glicêmico, decorrente da lenta absorção do seu açúcar pelo organismo, resulta em um menor impacto na glicemia, quando consumida. Essa propriedade, aliada ao seu elevado teor de fibra, faz com que a batata-doce seja um alimento altamente procurado por esportistas e praticantes de atividades físicas intensas (SÁNCHEZ; SANTOS; VALSILENKO, 2019).

Além disso, apesar de ainda ser pouco comum e explorado no Brasil, a batata-doce possui um grande potencial como cultura energética para produção de etanol. Em 2015 com a introdução do programa de Produção de Etanol Social da Amazônia, uma parceria entre a Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia (Sudam) e a UFT, resultou em uma usina com capacidade de produção de três mil litros de etanol por dia, além de subprodutos como álcool em gel, glucose e ração animal (MÜLLER, 2015).

As novas tendências envolvendo a cultura da batata-doce, enfatizam a necessidade de estudos a fim da obtenção de novas cultivares comerciais, mais produtivas e de superior qualidade nutricional para que seja possível atender o novo mercado onde a cultura está sendo inserida.

2.3. PROTEÇÃO E REGISTRO DE NOVAS CULTIVARES

Em 1997, foi instituída no Brasil a lei de proteção de cultivares (Nº 9.456, de abril de 1997), na qual exige que para uma cultivar ser protegida, ela precisa atender aos requisitos de novidade, distinguibilidade, homogeneidade e estabilidade, garantindo assim os direitos do melhorista sobre a cultura selecionada (TERAMOTO, 2008).

De acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA (MAPA, 2023), existem ao todo 49 cultivares de batata-doce devidamente registradas. Por se tratar de um número inferior se comparado com outras culturas, torna-se necessário o desenvolvimento de novas cultivares. Em caso de identificação de genótipos superiores, é possível registrar as espécies passíveis de lançamento através do Registro Nacional de Cultivares (RNC), o qual habilita os desenvolvedores a produção e comercialização do material.

Para que a cultivar possua garantia de proteção, é necessário solicitar a proteção de cultivares junto ao Serviço Nacional de Proteção de Cultivares – SNPC/MAPA, assegurando ao detentor da nova cultivar, direitos exclusivos sobre ela. Para isso, seguindo diretrizes impostas pelo MAPA, o titular deve realizar testes de Distinguibilidade, Homogeneidade e Estabilidade (DHE) (BRASIL, 2011).

Os testes de DHE tem o objetivo de comprovar que a nova cultivar é única, se diferindo de qualquer outra já registrada, para isso, a ampla variabilidade genética da batata-doce permite a continuidade do programa de melhoramento genético, possibilitando a seleção de genótipos para diversas finalidades, maior aceitação do consumidor, maiores produções, melhores qualidades nutricionais. Esses objetivos são possíveis de alcançar com a continuidade de programas de melhoramento genético de batata-doce, baseados tanto em policruzamento quanto

cruzamentos controlados (SSALI et al., 2019). Para se chegar a essas cultivares avançadas e posteriormente comerciais, realiza-se procedimentos que garantam a homogeneidade quando utilizadas em campo, variabilidade mínima entre membros da mesma espécie e estabilidade, replicando suas características em gerações posteriores (MACHADO, 2008). As diretrizes de testes de DHE são documentos técnicos que definem os princípios neles utilizados, por exemplo, o delineamento experimental e as metodologias de análise, além das características a serem observadas, sendo o estudo deste um dos aspectos iniciais para a realização dos testes (MACHADO, 2008).

Para a batata-doce, as normas para a execução dos ensaios de DHE estão definidas no Ato n.º17, de 24 de janeiro de 2020. De acordo com o documento, o teste baseia-se em 23 descritores morfológicos, nos quais são avaliados a arquitetura das plantas e os diferentes formatos de seus componentes como folhas, raízes e caule (MAPA 2020).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. IDENTIFICAÇÃO DO MATERIAL GENÉTICO

O presente trabalho foi derivado de um projeto em execução desde 2018, com a finalidade de introduzir e selecionar genótipos de batata-doce com altos teores de betacaroteno para o estado de São Paulo. Os genótipos foram obtidos por meio de um campo de cruzamentos não controlados (*polycross*) de uma população elite (parentais) de batata-doce, do programa de melhoramento genético do *International Potato Center* para o continente Africano.

Inicialmente, os genótipos foram avaliados por Otoboni et al. (2020) e Oliveira et al. (2021), selecionados os melhores genótipos no primeiro ciclo de seleção, posteriormente, avaliados em segundo ciclo. Diversos genótipos demonstraram-se potencialmente promissores aliando altas produtividades à características desejáveis de pele e polpa, alguns deles não somente de polpa alaranjada, mas também brancas e cremes, devido a poliploidia e alelismo múltiplos para alguns locos que ocorre na espécie. Destes, 13 foram selecionados como os mais promissores e fizeram parte do presente trabalho: CERAT21-06, CERAT21-21, CERAT24-04, CERAT25-27, CERAT31-01, CERAT31-12, CERAT31-22, CERAT52-23, CERAT55-20, CERAT56-23, CERAT60-05, CERAT60-07, CERAT60-26.

Além dos 13 genótipos, foram avaliadas cinco cultivares comerciais utilizadas como comparativas para cada descritor morfológico, conforme exigências do MAPA (MAPA, 2020), sendo elas: BRS Gaita, BRS Amélia, BRS Rubissol, Brazlândia Branca e Beauregard. Não

foram utilizadas outras cultivares devido a não disponibilidade de mudas para a instalação do ensaio.

3.2. DELINEAMENTO E CONDUÇÃO EXPERIMENTAL

O teste de Distinguiabilidade, Homogeneidade e Estabilidade (DHE) foi realizado no município de Ilha Solteira-SP, na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (Unidade Pomar) da Universidade Estadual Paulista – UNESP, Campus de Ilha Solteira. A área experimental está localizada nas coordenadas geográficas de 20°25'35" de latitude Sul, 51°21'31" de longitude oeste numa altitude de 371 metros. O clima da região é classificado como Aw, segundo o sistema Köppen, apresentando chuvas no verão e seca no inverno, com precipitação média anual em torno de 1316 mm, distribuídas entre os meses de outubro e março. Os dados de temperatura média anual são de 23,5°C e a umidade relativa do ar entre 60% a 80% (CLIMATE-DATA.ORG, 2020).

O experimento foi conduzido durante o período de outubro de 2021 a março de 2022. O preparo do solo foi realizado de forma convencional sendo levantadas leiras de 40 cm de altura com espaçamento de 1 m entre linhas. Foi realizada adubação de plantio conjuntamente com o preparo do solo a fim de incorporá-lo, utilizando-se 357 kg ha⁻¹ do adubo formulado 08-28-16 (N-P-K), suplementando com 105 kg ha⁻¹ de Cloreto de Potássio (KCl). As mudas/ramas-sementes utilizadas para o plantio possuíam cerca de 30 cm e 8 a 10 nós, exceto para as cultivares BRS Amélia e Beauregard. Estas, foram propagadas por meio de mini-estacas compostas por dois nós em bandejas de 128 células, sendo cada mini-estaca retirada dos terços médio e superior das ramas. As bandejas com as mudas foram mantidas em casa de vegetação com irrigação diária.

O ensaio foi realizado em delineamento em blocos casualizados, com três repetições. Cada parcela experimental foi composta por 17 plantas, totalizando 51 plantas por tratamento. A parcela tinha 6 m de comprimento, onde as plantas foram dispostas em espaçamento de 0,35 m entre plantas e 1 m entre linhas.

3.3. DESCRITORES MÍNIMOS E CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA

Para a análise dos descritores mínimos morfológicos, foi utilizado a referência proposta pelo Brasil (2020) (Tabela 1), presente nas diretrizes do teste de DHE para batata-doce.

Quadro 1. Descritores mínimos morfológicos de batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.)

Característica	Identificação da Característica	Código de cada descrição
1.Planta: hábito de crescimento QN MI/VG (a) (+)	Ereto	1
	Semiereto	2
	Rasteiro	3
2. Caule: comprimento do entrenó QN MI/VG (a) (+)	Curto	3
	Médio	5
	Longo	7
3. Caule: diâmetro do entrenó QN MI/VG (a) (+)	Pequeno	3
	Médio	5
	Grande	7
4. Caule: pigmentação antocianínica no entrenó QN VG (a) (+)	Ausente ou fraca	1
	Média	2
	Forte	3
5. Caule: pigmentação antocianínica na brotação inicial QN VG (a)	Ausente ou fraca	1
	Média	2
	Forte	3
6. Caule: coloração antocianínica no nó QN VG (a)	Ausente ou fraca	1
	Média	2
	Forte	3
7. Caule: pubescência na brotação inicial QN VG (a) (+)	Ausente ou esparsa	1
	Média	2
	Densa	3
8. Pecíolo: pigmentação antocianínica QN VG (a)	Ausente ou muito fraca	1
	Fraca	2
	Média	3
	Forte	4
	Muito Forte	5
9. Pecíolo: comprimento QN MI/VG (a) (+)	Curto	3
	Médio	5
	Longo	7
10. Folha jovem: cor principal na face superior PQ VG (a) (+)	Amarela esverdeada	1
	Verde clara	2
	Verde média	3
	Verde escura	4
	Roxa clara	5
	Roxa média	6
	Marrom arroxçada	7
	Marrom clara	8
	Marrom escura	9
11. Folha: número de lóbulos QN MI (a) (+)	Ausente	1
	Três	2
	Cinco	3
	Sete	4

Quadro 1.. Descritores mínimos morfológicos de batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) (Continuação)

12. <u>Somente cultivares sem presença de lóbulo</u>: Folha: formato PQ VG (a) (+)	Cordiforme	1
	Triangular	2
	Reniforme	3
	Circular	4
13. <u>Somente cultivares com presença de lóbulo</u>: Folha: profundidade do lóbulo QN VG (a) (+)	Muito rasa	1
	Muito rasa a rasa	2
	Rasa	3
	Rasa a média	4
	Média	5
	Média a profunda	6
	Profunda	7
	Profunda a muito profunda	8
	Muito profunda	9
14. Folha: cor (excluindo a pigmentação antocianínica) QN VG (a)	Verde amarelado	1
	Verde	2
	Verde acinzentado	3
15. Folha: pigmentação antocianínica na face superior QN VG (a)	Ausente ou fraca	3
	Médio	5
	Forte	7
16. Folha: extensão da pigmentação antocianínica nas veias da face inferior QN VG (a) (+)	Ausente ou muito curta	1
	Curta	3
	Média	5
	Longa	7
	Muito longa	9
17. Folha: coloração antocianínica nas veias inferiores QN VG (a)	Fraca	3
	Média	5
	Forte	7
18. Raiz: formato PQ VG (+)	Oval	1
	Elíptico	2
	Oboval	3
	Oblongo	4
	Irregular	5
19. Raiz: cor principal da pele PQ VG	Branca	1
	Bege claro	2
	Amarelo	3
	Laranja	4
	Laranja amarronzada	5
	Rosa	6
	Vermelha	7
	Vermelha arroxeadada	8
	Roxa clara	9
	Roxa moderada	10
	Marrom	11

Quadro 1. Descritores mínimos morfológicos de batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) (Continuação)

20. Raiz: cor secundária da pele PQ VG	Ausente	1
	Branca	2
	Amarela	3
	Laranja	4
	Rosa	5
	Vermelha	6
	Roxa	7
	Marrom	8
21. Raiz: cor principal da polpa PQ VG	Branca	1
	Bege	2
	Amarelo	3
	Laranja	4
	Roxa	5
22. Raiz: cor secundária da polpa PQ VG	Branca	1
	Bege claro	2
	Amarelo	3
	Laranja	4
	Rosa	5
	Vermelha	6
	Vermelha arroxeado	7
	Roxo	8
23. Raiz: profundidade dos olhos QN VG	Rasa	3
	Média	5
	Profunda	7

Fonte: Adaptado de Brasil (2020).

As avaliações de parte aérea da planta foram realizadas aos 90 dias após o plantio (fase de pleno desenvolvimento vegetativo da cultura), enquanto a avaliação das raízes fora realizada ao fim do ciclo da cultura com 150 dias.

3.4. ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Com os dados de cada característica avaliada e das notas atribuídas, foi realizada a análise de deviance e estimados os parâmetros genéticos e valores genotípicos no *software* Selegen REML/BLUP (RESENDE et al., 2016). Detectando a significância por deviance e herdabilidade individual diferente de zero como análise prévia, somente utilizando as características que demonstraram significância para análise de diversidade genética, portanto, foram utilizados apenas 15 dos 23 descritores morfológicos. Nesse sentido, foram mantidas nas análises: Comprimento do entrenó (CET); Diâmetro do entrenó (DEN); Pubescência na brotação inicial (PUB); Pigmentação do pecíolo (PP); Cor principal na face superior da folha jovem (CFJ); Número de lóbulo da folha (NLB); Formato de lóbulo da folha (FOR);

Profundidade do lóbulo da folha (PFL); Extensão da pigmentação antocianínica nas veias da face inferior da folha (EPV); Coloração antocianínica nas veias inferiores da folha (CV); Formato de raiz (FR); Cor principal da pele da raiz (CPE); Cor secundária da pele da raiz (CSPE); Cor principal da polpa da raiz (CPP), Cor secundária da polpa da raiz (CSP) e Profundidade dos olhos da raiz (OLH).

Posteriormente, os dados foram submetidos à análise multivariada, sendo realizada a estimativa da matriz de distância generalizada de Mahalanobis e posteriormente agrupadas pelo método de otimização de Tocher, que se baseia na formação de grupos cujas distâncias dentro dos grupos são menores que as distâncias entre grupos (FARIAS et al., 2008), e método hierárquico de Ward, no qual a medida de similaridade usada para juntar agrupamentos é calculada pela soma de quadrados entre os grupos sobre todas as variáveis (SEIDEL et al., 2008).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi observado alta variação nos resultados entre os caracteres morfológicos avaliados (Tabela 1), demonstrando que os clones mantiveram alta diversidade resultando em diversas possibilidades de variações na expressão fenotípica dos genótipos, comprovando a distinguibilidade entre os materiais, algo exigido na proteção de cultivares.

Verificou-se que 69% dos genótipos obtiveram comprimento de entrenó médios e 31% curtos. Para diâmetro do entrenó, 31% dos genótipos avaliados demonstraram-se com diâmetros médios, enquanto 69% apresentaram diâmetro do entrenó pequeno. Em pubescência na brotação inicial, 38% dos genótipos apresentaram pubescência ausente ou esparsa, indicando pouca ou nenhuma presença de pubescência na brotação inicial, enquanto 31% dos genótipos demonstram pubescência média e a mesma quantidade de genótipos com pubescência densa (Tabela 1).

Entre os genótipos avaliados, 55% deles demonstraram pigmentação do pecíolo ausente ou muito fraca, indicando a ausência de pigmentação antocianínica no pecíolo, predominando-se a coloração verde. Por outro lado, 9% dos genótipos demonstraram pigmentação do pecíolo forte e 36% muito forte, observando-se a coloração arroxeadada no pecíolo desses genótipos (Tabela 1). Na característica cor principal na face superior da folha jovem, 46% dos genótipos demonstraram coloração verde média, 23% verde escura e 31% marrom arroxeadada, demonstrando a variabilidade genotípica e fenotípica no conjunto de genótipos avaliados, ressaltando a distinguibilidade entre eles. 15% dos genótipos demonstraram número de lóbulo

ausente, sendo que estes apresentaram formato de lóbulo codiforme. Por outro lado, 85% dos genótipos apresentaram cinco lóbulos, dentre esses, 31% apresentaram profundidade de lóbulo da folha entre média e alta, 23% média e 15% entre rasa e média (Tabela 1).

Com relação à extensão da pigmentação antocianínica nas veias da face inferior da folha, 8% dos genótipos demonstraram extensão ausente ou muito curta, 38% apresentaram extensão curta, indicando a coloração arroxeadada na veia apenas na base da folha, 31% extensão longa e 23% muito longa, indicando forte presença da pigmentação antocianínica na face inferior da folha. 54% dos genótipos demonstraram coloração antocianínica nas veias inferiores da folha forte, 23% média e 23% fraca (Tabela 1)

Tabela 1. Caracterização morfológica do ensaio de distinguibilidade, homogeneidade e estabilidade de genótipos de batata-doce

Genótipos	Características Morfológicas															
	CET*	DEN	PUB	PP	CFJ	NLB	FOR	PFL	EPV	CV	FR	CPE	CSPE	CPP	CSP	OLH
21-06	Médio	Pequeno	Ausente ou esparsa	Ausente ou muito fraca	Verde média	Cinco	-	Média a profunda	Longa	Forte	Elíptico	Amarelo	Branca	Amarelo	Laranja	Rasa
21-21	Médio	Pequeno	Densa	Ausente ou muito fraca	Verde média	Cinco	-	Média a profunda	Ausente ou muito curta	Fraca	Oval	Amarelo	Amarela	Laranja	Laranja	Rasa
24-04	Curto	Médio	Média	Muito forte	Verde média	Cinco	-	Rasa a média	Muito longa	Forte	Oblongo	Amarelo	Amarela	Laranja	Laranja	Rasa
25-27	Curto	Médio	Ausente ou esparsa	Ausente ou muito fraca	Verde escura	Cinco	-	Média	Curta	Fraca	Oblongo	Bege claro	Ausente	Laranja	Amarelo	Média
31-01	Médio	Pequeno	Densa	Ausente ou muito fraca	Marrom arroxeada	Cinco	-	Rasa a média	Curta	Média	Oval	Roxa clara	Branca	Laranja	Laranja	Média
31-12	Médio	Pequeno	Ausente ou esparsa	Ausente ou muito fraca	Verde média	Cinco	-	Profunda	Curta	Média	Oblongo	Laranja	Amarela	Laranja	Amarelo	Rasa
31-22	Médio	Pequeno	Ausente ou esparsa	Muito forte	Verde média	Cinco	-	Média a profunda	Longa	Forte	Oblongo	Laranja amarronzada	Branca	Laranja	Amarelo	Média
52-23	Médio	Pequeno	Média	Forte	Verde média	Cinco	-	Média	Muito longa	Forte	Oval	Laranja	Ausente	Laranja	Laranja	Rasa
55-20	Curto	Pequeno	Ausente ou esparsa	Ausente ou muito fraca	Verde escura	Ausente	Codiforme	-	Curta	Fraca	Oblongo	Amarelo	Ausente	Laranja	Amarelo	Média
56-23	Médio	Médio	Densa	Ausente ou muito fraca	Marrom arroxeada	Cinco	-	Média	Curta	Média	Oval	Rosa	Amarela	Laranja	Amarelo	Média
60-05	Médio	Pequeno	Densa	Muito forte	Marrom arroxeada	Cinco	-	Profunda	Longa	Forte	Oblongo	Bege claro	Branca	Laranja	Laranja	Rasa
60-07	Curto	Pequeno	Média	Muito forte	Marrom arroxeada	Cinco	-	Média a profunda	Longa	Forte	Oboval	Laranja amarronzada	Amarela	Amarelo	Laranja	Rasa
60-26	Médio	Médio	Média	Ausente ou muito fraca	Verde escura	Ausente	Codiforme	-	Muito longa	Forte	Oblongo	Branca	Branca	Branca	Branca	Média

*Comprimento do entrenó (CET), Diâmetro do entrenó (DEN), Pubescência na brotação inicial (PUB), Pigmentação do pecíolo (PP), Cor principal na face superior da folha jovem (CFJ), Número de lóbulo (NLB), Formato de lóbulo da folha (FOR), Profundidade do lóbulo da folha (PFL), Extensão da pigmentação antocianínica nas veias da face inferior da folha (EPV), Coloração antocianínica nas veias inferiores da folha (CV), Formato de raiz (FR), Cor principal da pele da raiz (CPE), Cor secundária da pele da raiz (CSPE), Cor principal da polpa da raiz (CPP), Cor secundária da polpa da raiz (CSP) e Profundidade dos olhos da raiz (OLH). Ilha Solteira-SP, 2023.

Em características relacionados à raízes, 54% dos genótipos demonstraram formato de raízes oblongas, 31% formato oval, 8% elíptico e 8% oboval (Tabela 1). Vale ressaltar que raízes de formato oblongo e oval demonstram raízes de padrão comercial, indicando um aspecto favorável aos genótipos avaliados. De acordo com as diretrizes para execução dos testes de DHE de batata-doce (MAPA, 2020), as cultivares Brazlândia Branca e Brazlândia Roxa, já registradas no mercado, apresentam formato de raízes irregular, algo não atraente ao consumidor, o que demonstra superioridade dos genótipos avaliados nessa característica.

Com relação à coloração principal da pele da raiz, 31% dos genótipos demonstraram coloração amarela, 15% bege claro, 15% laranja, 15% laranja amarronzada, 8% roxa clara, 8% rosa e 8% branca, demonstrando, novamente, alta variabilidade no conjunto de genótipos avaliados. Além disso, destaca-se que grande parte dos genótipos apresentaram coloração principal da pele bem distinta das cultivares encontradas no mercado, onde a maioria apresenta coloração rosa ou roxa moderada, representando assim um potencial mercado inovador.

Entre os genótipos avaliados, 23% deles apresentaram coloração secundária da pele ausente (Tabela 1), mantendo a coloração principal. Isso pode ser considerado um ponto positivo, pois caso haja algum dano na raiz ocasionado pela colheita mecanizada ou processo de lavagem, estas não apresentaram alteração na coloração, não havendo depreciação do produto devido a isso. Por outro lado, 38% dos genótipos demonstraram coloração secundária da pele da raiz branca e 38% coloração amarela.

Entre a cor principal da polpa da raiz, 77% dos genótipos demonstraram coloração laranja, 15% amarela e 8% branca. A alta incidência de genótipos de coloração alaranjada já era esperado, visto que um dos objetivos do programa de melhoramento genético de batata-doce da Unesp é a obtenção de genótipos com alto teor de betacaroteno, consequentemente, de coloração alaranjada, portanto, esses genótipos, já foram previamente selecionados por dois ciclos de seleção em quatro ambientes, resultando na predominância dessa coloração. Com relação à coloração secundária da polpa da raiz, 54% dos genótipos demonstraram coloração laranja, indicando que estes não se diferenciaram da coloração principal da polpa, 38% dos genótipos apresentaram coloração amarela e 8% branca (Tabela 1).

Em profundidade dos olhos da raiz, características de grande importância devido ao aspecto comercial do principal produto da cultura, 54% dos genótipos demonstraram profundidade rasa e 46% média (Tabela 1). Destaca-se, ainda, que nenhum genótipo demonstrou profundidade dos olhos profunda, indicando o padrão comercial das raízes avaliadas.

A alta variabilidade genotípica e fenotípica identificada pela caracterização morfológica de batata-doce, também observada por outros autores (VARGAS et al., 2018; OLIVEIRA et al., 2021), favorece a continuidade do programa de melhoramento genético da cultura na Unesp, identificando a real distinguibilidade entre os materiais frente às cultivares comerciais, demonstrando potencial de proteção identificado pelo teste de Distinguibilidade, Homogeneidade e Estabilidade e possibilidades de futuro registro de cultivares avaliado em ensaios de Valor de Cultivo e Uso. Para identificar a real expressão genotípica no conjunto de características avaliadas, foram estimados os parâmetros genéticos e componentes de variância (Tabela 2). Como citado anteriormente, das 23 características avaliadas, apenas 16 fizeram parte das estimativas de parâmetros genéticos (Tabela 2), agrupamento (Tabela 3) e diversidade genética (Figura 1), devido a não significância em todas as características.

A variância genotípica foi superior à variância ambiental em todos as características avaliadas, indicando que a expressão genética foi a maior responsável pelos resultados obtidos. Isso pode ser comprovado pelas herdabilidades de alta magnitude para a maioria dos caracteres avaliados, variando de 63,10% (CET) à 99,60% (PP) (Tabela 2). Esses resultados vão de encontro aos observados por Otoboni et al (2020), onde foi identificado variância genotípica maior que a variância ambiental na maioria das características avaliadas, além de altas herdabilidades, resultando em sucesso na seleção. O coeficiente de variação genotípico foi altamente superior ao ambiental, comprovando a maior ação genética no conjunto de genótipos e características avaliadas. Vale destacar o resultado observado em PP, com $CV_g(\%)$ de 33,64 e $CV_e(\%)$ de 2,18, demonstrando a superioridade genética na expressão fenotípica dessa característica (Tabela 2).

Todas as características apresentaram coeficiente de variação relativo (CV_r) acima de um, comprovando a influência genética observada no experimento de uma forma geral. De acordo com Vencovsky e Barriga (1992), quando o CV_r é maior ou igual a 1 a variância genética é o fator de maior peso para a variação encontrada no experimento, indicando assim maior grau de facilidade para a seleção de determinadas características de cada genótipo.

Tabela 2. Estimativas de parâmetros genéticos e valores genotípicos em caracteres morfológicos

Par. Genéticos	Variáveis															
	CET*	DEN	PUB	PP	CFJ	NLB	FOR	PFL	EPV	CV	FR	CPE	CSPE	CPP	CSP	OLH
σ_g^2	0,037	0,027	0,075	0,306	0,126	0,057	0,046	0,454	0,388	0,108	0,174	0,227	0,063	0,063	0,062	0,053
σ_e^2	0,021	0,010	0,009	0,001	0,014	0,002	0,003	0,017	0,020	0,017	0,021	0,010	0,012	0,001	0,001	0,005
h_g^2	63,1 ± 35,9	72,5 ± 38,6	88,8 ± 42,7	99,6 ± 45,2	90,0 ± 42,9	96,4 ± 44,4	93,4 ± 43,7	96,4 ± 44,48	95,0 ± 44,16	86,0 ± 42,02	89,2 ± 42,79	95,5 ± 44,27	84,0 ± 41,53	97,5 ± 44,73	97,4 ± 44,72	90,1 ± 43,01
h_{mc}^2	83,69	88,77	95,99	99,86	96,46	98,77	97,71	98,78	98,29	94,90	96,14	98,84	94,05	99,16	99,14	96,49
$CV_g(\%)$	9,15	8,48	18,15	33,64	16,28	13,68	27,08	30,96	26,62	13,60	23,39	23,35	15,46	12,54	12,72	11,13
$CV_e(\%)$	6,99	5,22	6,42	2,18	5,40	2,64	7,17	5,95	6,06	5,47	8,12	5,03	6,73	1,99	2,04	3,67
CV_r	1,30	1,62	2,82	15,42	3,01	5,18	3,77	5,20	4,39	2,48	2,88	4,63	2,29	6,27	6,22	3,03
Média	3,91	3,32	1,86	2,57	4,43	2,73	1,50	5,73	2,0	5,38	2,81	4,05	2,24	3,73	3,54	3,76
Genótipos	Valores genotípicos adicionados à média															
21-06	4,11	3,23	1,58	2,15	4,21	2,84	1,41	6,10	2,50	5,44	2,56	3,88	2,19	3,59	3,69	3,57
21-21	3,85	3,23	2,20	2,15	4,13	2,84	1,41	6,16	0,90	4,86	2,27	3,88	2,47	3,84	3,69	3,57
24-04	3,72	3,65	1,81	3,27	4,13	2,65	1,41	5,58	2,73	5,68	3,13	3,88	2,47	3,84	3,69	3,57
25-27	3,72	3,37	1,58	2,15	4,28	2,84	1,41	5,96	1,33	4,86	3,13	3,59	1,86	3,76	3,53	3,72
31-01	4,11	3,23	2,11	2,15	4,90	2,84	1,41	5,74	1,54	5,16	2,27	5,07	2,47	3,84	3,69	4,03
31-12	3,85	3,23	1,58	2,15	4,13	2,84	1,41	6,22	1,54	5,31	3,13	4,19	2,37	3,84	3,45	3,57
31-22	3,85	3,23	1,58	3,27	4,13	2,84	1,41	6,03	2,26	5,56	3,13	4,35	2,26	3,84	3,45	4,03
52-23	4,11	3,23	2,11	3,12	4,21	2,84	1,41	5,89	2,73	5,68	2,27	4,19	1,86	3,84	3,69	3,57
55-20	3,72	3,23	1,58	2,15	4,29	2,20	2,03	4,27	1,54	5,01	3,20	3,88	1,86	3,84	3,45	4,03
56-23	4,11	3,37	2,20	2,15	4,90	2,84	1,41	5,89	1,54	5,31	2,27	4,55	2,47	3,84	3,45	4,03
60-05	3,85	3,23	2,20	3,27	4,90	2,84	1,41	6,22	2,39	5,68	3,13	3,59	2,19	3,84	3,69	3,57
60-07	3,72	3,23	1,81	3,27	4,96	2,84	1,41	6,10	2,39	5,68	2,89	4,35	2,47	3,59	3,69	3,57
60-26	4,11	3,65	1,81	2,15	4,43	2,20	1,92	4,27	2,62	5,68	3,13	3,24	2,19	2,95	2,81	4,03

*Comprimento do entrenó (CET), Diâmetro do entrenó (DEN), Pubescência na brotação inicial (PUB), Pigmentação do pecíolo (PP), Cor principal na face superior da folha jovem (CFJ), Número de lóbulo (NLB), Formato de lóbulo da folha (FOR), Profundidade do lóbulo da folha (PFL), Extensão da pigmentação antocianínica nas veias da face inferior da folha (EPV), Coloração antocianínica nas veias inferiores da folha (CV), Formato de raiz (FR), Cor principal da pele da raiz (CPE), Cor secundária da pele da raiz (CSPE), Cor principal da polpa da raiz (CPP), Cor secundária da polpa da raiz (CSP), Profundidade dos olhos da raiz (OLH)) de genótipos de batata-doce. Ilha Solteira-SP, 2023. Fonte: próprio autor.

Devido aos parâmetros genéticos, foi possível identificar que o conjunto de características avaliadas foram fortemente influenciadas por questões genótípicas e não ambientais, demonstrando situação favorável para a seleção de genótipos de batata-doce baseado nessas características.

A fim de identificar a diversidade genética entre os genótipos de batata-doce avaliados, procedeu-se com o método de agrupamento de otimização de Tocher (Tabela 3). Foram observados a formação de dois grupos, com distância intergrupo de 7,43. O primeiro grupo foi formado com os genótipos: CERAT21-06; CERAT21-21; CERAT24-04; CERAT25-27; CERAT31-01; CERAT31-12; CERAT31-22; CERAT52-23; CERAT56-23; CERAT60-05 e CERAT60-07 com distância intragrupo de 3,76. O segundo grupo foi composto pelos genótipos CERAT55-20 e CERAT60-26, com distância intragrupo de 5,16, demonstrando grande diversidade genética destes dois genótipos frente aos demais. Vale destacar que genótipos pertencentes à mesma família foram agrupados de forma diferentes, como no caso dos genótipos CERAT60-26 (grupo 1), CERAT60-05 e CERAT60-07 (grupo 2), ressaltando a ampla variabilidade genotípica encontrada na cultura.

A batata-doce apresenta alelismo múltiplo para diversos locus, além de ser uma cultura hexaploide, demonstrando alto nível de ploidia, o que explica a alta variabilidade genética encontrada na cultura e o agrupamento de genótipos aparentados em grupos diferentes, como visto neste trabalho (Tabela 3). Em trabalhos como o de Vargas et al. (2018) e Oliveira et al. (2021) é possível identificar uma grande quantidade de grupos formados pelo método de Tocher, revelando, novamente, a alta variabilidade genética entre genótipos de batata-doce, algo favorável já que, de acordo com Casassola et al. (2013), a alta variabilidade genotípica é desejável para qualquer programa de melhoramento, pois garante uma ampla gama de cruzamentos entre genótipos divergentes buscando características agronômicas desejáveis.

Tabela 3. Agrupamento formado e Distância Intra e Intergrupo de 13 genótipos de batata-doce pelo método Tocher. Ilha Solteira-SP, 2023.

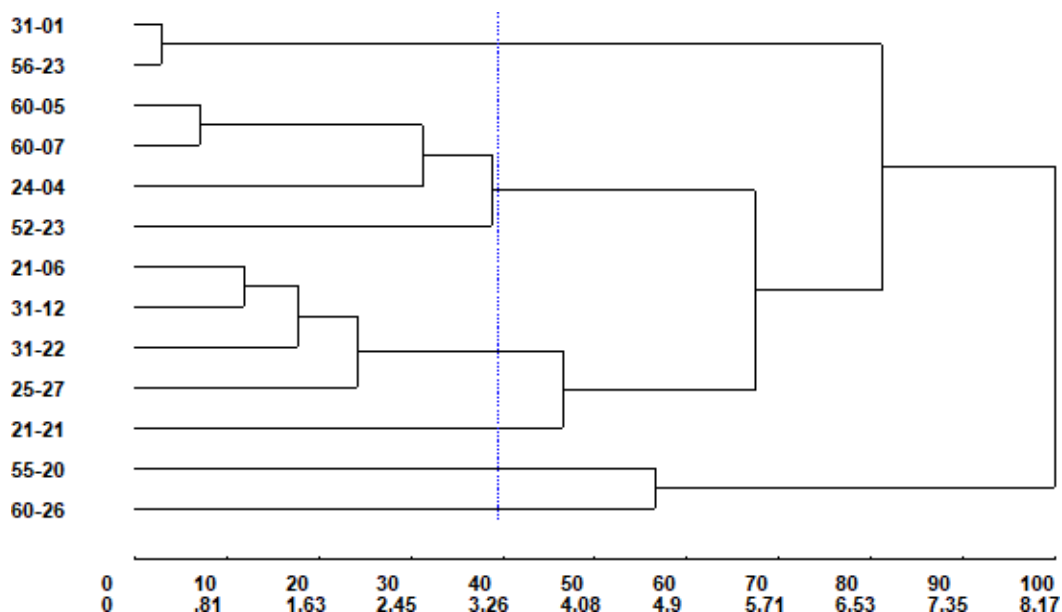
Grupos	Genótipos	Dist. Intra	Dist. Inter
I	21-06; 21-21; 24-04; 25-27; 31-01; 31-12; 31-22; 52-23; 56-23; 60-05; 60-07	3,763	7,433
II	55-20; 60-26	5,168	

Fonte: próprio autor.

Para complementar o resultado observado pelo método de Tocher (Tabela 3), foi realizado o agrupamento hierárquico dos genótipos por meio do método de Ward (1963),

resultando em um dendrograma de dissimilaridade genética. Por essa metodologia, identificou-se a formação de seis grupos (Figura 1).

Figura 1. Dendrograma de dissimilaridade genética entre 13 genótipos de batata-doce pelo método de Ward a partir de análise de caracteres morfológicos das plantas. Ilha Solteira-SP, 2023.



O grupo 1 foi formado pelos genótipos CERAT31-01 e CERAT56-23. Estes genótipos demonstraram algumas características semelhantes na caracterização morfológica, tais como: CET médio, PUB densa, PP ausente ou muito fraca, CFJ marrom arroxeada, NLB cinco, EPV curta, CV média, FR oval, CPP laranja e OLH médio (Tabela 1), o que justifica terem sido agrupado no mesmo grupo (Figura 1).

O segundo grupo foi formado pelos genótipos CERAT60-05, CERAT60-07, CERAT24-04 CERAT52-23 (Figura 1), estes genótipos possuem características semelhantes como: NLB cinco, CV forte, CSP laranja, OLH rasa (Tabela 1). Vale destacar que os genótipos também pertenceram ao mesmo grupo pela metodologia de Tocher (Tabela 3), porém não de forma isolada como observado pelo método de Ward (Figura 1). O grupo três foi formado por CERAT21-06, CERAT31-12, CERAT31-22 e CERAT25-27 (Figura 1), sendo semelhantes nas seguintes características: PUB ausente ou esparsa, NLB cinco (Tabela 1). Os genótipos CERAT31-12 e CERAT31-22 pertencem à mesma família e foram agrupados no mesmo grupo pelo método de Ward (Figura 1), indicando que mesmo com a alta variabilidade genética encontrada na cultura, citada e exemplificada anteriormente, o grau de parentesco dos genótipos resultou em características morfológicas parecidas entre eles (Tabela 1).

O quarto, quinto e sexto grupo formados pelo método de Ward foram compostos por apenas um genótipo cada (Figura 1), comprovando a diversidade genética destes genótipos comparados aos demais. O quarto grupo foi composto pelo genótipo CERAT21-21. Este genótipo possui outro exemplar da família no presente trabalho (CERAT21-06), porém, mesmo diante disso, ficaram em grupos distintos (Figura 1), evidenciando, novamente, a influência da composição genética da cultura.

O quinto grupo foi constituído pelo genótipo CERAT55-20, enquanto o sexto grupo foi formado por CERAT60-26 (Figura 1), comprovando a diversidade genética dos dois genótipos, visto que estes, foram os únicos genótipos que ficaram em grupos distintos dos demais na metodologia de Tocher (Tabela 3), evidenciando assim, a real dissimilaridade genética em relação aos demais. Diferenças genéticas de grupos analisados pelo método de Tocher e Ward também foram observadas por Azevedo et al. (2013). De acordo com o autor, resultados obtidos por diferentes métodos de análise são comuns, visto que os métodos são baseados em diferentes técnicas de agrupamento, contudo, a comparação desses dois resultados obtidos por análises multivariadas concede acurácia ao experimento.

De acordo com o observado pela caracterização morfológica dos genótipos (Tabela 1), estimativas de parâmetros genéticos (Tabela 2) e métodos de agrupamento de Tocher (Tabela 3) e Ward (Figura 1), foi possível identificar a variabilidade e diversidade genética presente no conjunto de genótipos avaliados, comprovante a distinguibilidade entre eles, revelando aspecto favorável à proteção de futuras cultivares.

5. CONCLUSÃO

O conjunto de genótipos avaliados demonstra alta variabilidade e diversidade genética, comprovando a distinguibilidade entre eles, representando, portanto, possibilidades para proteção de cultivares.

Os genótipos 55-20 e 60-26 se destacam em relação a diversidade genética, ficando em grupos distintos dos demais nos dois métodos utilizados, podendo ser utilizados como fonte de variação genética.

A alta variabilidade genética observada, revela que os genótipos avaliados podem ser mantidos no programa de melhoramento genético de batata-doce da Unesp a fim de serem utilizados como parentais para futuros cruzamentos e como possíveis candidatos à novas cultivares comerciais, como já alcançado com os genótipos CERAT21-21 (cultivar Unesp Maria Rita), CERAT24-04 (Unesp Maria Eduarda) e CERAT31-01 (Unesp Maria Isabel).

REFERÊNCIAS

- AZEVEDO, A. M. et al. Seleção de genótipos de alface para cultivo protegido: divergência genética e importância de caracteres. **Horticultura Brasileira**, v. 3, p. 260-265, 2013.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2020. Instruções para execução dos ensaios de distinguibilidade, homogeneidade e estabilidade de cultivares de batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.). 10 p. 2020.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e Cooperativismo. **Proteção de cultivares no Brasil**. Brasília, DF: Mapa/ACS, 2011. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/protecao-de-cultivar/arquivos-antigos/livro-protecao-cultivares/view>. Acesso em: 05 out. 2023.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. SNPC – Lista de cultivares protegidas. Batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.). Disponível em: <https://sistemas.agricultura.gov.br/snpc/cultivarweb/cultivares_registradas.php>. Acesso em: 07 de janeiro de 2023.
- CASASSOLA, A. Parental selection of wheat lines based on phenotypic characterization and genetic diversity. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 13, p. 49-58, 2013.
- CLIMATE DATA. CLIMATE DATA FOR CITIES WORLDWIDE. 2020. Disponível em: <<https://en.climate-data.org>>. Acesso em: 15 jun 2023.
- CRUZ, C. D. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum**. v. 35, n. 3, p. 271-276, 2013.
- EDMOND, J. B.; AMMERMAN, G. R. Sweet potatoes: production, processing, marketing. **The AVI Publishing Company, Inc**, p. 334, 1971.
- FERNANDES, A. M. et al. **Sistema de produção de batata-doce**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1155447/sistema-de-producao-de-batata-doce>. Acesso em: 05 out. 2023.
- FERREIRA, J. C.; RESENDE, G. M. Batata-doce: cultivar adequada faz toda a diferença. **Campo e Negócios**, Brasília, DF, p. 24-25, out. 2019. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/202890/1/Batata-doce-no-VSF-2019.pdf>. Acesso em: 11 set. 2023.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **PAM - Produção Agrícola Municipal**. Brasília, DF: IBGE, 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9117-producao-agricola-municipal-culturas-temporarias-e-permanentes.html?=&t=destaques>. Acesso em: 05 out. 2023.
- JACKSON, S.D. Multiple signaling pathways control tuber induction in potato. **Plant**

Physiology, v. 119, p. 1–8, 1999.

LIMA, D. B.; DAMIANI, L. P.; FUJIMORI, E. Deficiência de vitamina A em crianças brasileiras e variáveis associadas. **Revista paulista de pediatria**, v. 36, n. 2, p. 176–185, 2018.

MARIANTE, A.S; SAMPAIO, M.J.A; INGLIS, M.C.V. Informe nacional sobre a situação dos recursos fitogenéticos para a alimentação e a agricultura do Brasil. **Informe Nacional**. Documentos da Embrapa, 2008. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/RenatoVeiga/publication/236008172_Conservacao_ex_situ_de_recursos_fitogeneticos/links/0c960159e1e83bf51000000/Conservacao-ex-situ-de-recursos-fitogeneticos.pdf. Acesso: 11 set. 2023.

MELLO, A. F. S. et al. Performance of sweet potato genotypes in Brazilian regions. **Scientia agricola**, v. 79, n. 6, 2022.

MILAGRES, R. C. R. M.; NUNES, L. C.; PINHEIRO-SANT'ANA, H. M. A deficiência de vitamina A em crianças no Brasil e no mundo. **Ciência & saúde coletiva**, v. 12, n. 5, p. 1253–1266, 2007.

MÜLLER, T. **Parceria entre UFT e Sudam vai viabilizar a produção de etanol na Amazônia**. Palmas: UFT, 2015. Disponível em: <https://ww2.uft.edu.br/index.php/es/ultimas-noticias/14266-parceria-entre-uft-e-sudam-vai-viabilizar-a-producao-de-etanol-na-amazonia>. Acesso em: 05 out. 2023.

OLIVEIRA, D. J. L. S. F de. et al. Divergência genética de genótipos de batata-doce por meio de caracteres morfoagronômicos. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 39, n. 2, p. 229–235, 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/wHVkMkmNnZhFNJz9qQhd3xB/?lang=en#>. Acesso em: 05 out. 2023.

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**, Viosa, MG, v. 20, n. 3, p. 1–9, 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cbab/a/xqskqCF6yZb67m6NyQhTr8p/?lang=en#>. Acesso em: 05 out. 2023.

RESENDE, M. D. V. Software SELEGEN - REML/BLUP: a useful tool for plant breeding. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 16, n. 4, p. 330–339, 2016.

RITSCHER, P. S. et al. **Organização do Banco Ativo de Germoplasma de batata-doce: situação atual e perspectivas**. Brasília, 2010. 12p. Disponível em: <http://www.cpatas.embrapa.br/catalogo/livroorg/batatadoce.pdf>. Acesso em: 5 jan. 2024.

RUÍZ, G. C. et al. Efecto de la poda y longitud de guías sobre el rendimiento de tres variedades de camote. **ESPA M-ciencia**, v. 8, n. 2, p. 35–40, 2017.

SÁNCHEZ, C.; SANTOS, M.; VALSILENKO, P. Batata-doce branca, roxa ou alaranjada ? Avaliação qualitativa e nutricional. **Vida Rural**, p. 30–32, 2019.

SEIDEL, E. J. et al. Comparação entre o método Ward e o método K-médias no agrupamento de produtores de leite. **Ciência e Natura**, v. 30, n. 1, p. 7–15, 2008.

SILVA, J. B. C. da; LOPES, C. A. **Cultivo da batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam).** Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 1995. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/753382/cultivo-da-batata-doce-ipomoea-batatas-l-lam>. Acesso em: 05 out. 2023.

SSALI, R. T. et al. Efficiency of the polycross and controlled hybridization methods in sweetpotato breeding in Uganda. **Journal of Agricultural Science**, v. 11, n. 17, 2019.
TERAMOTO, J. R. S.; TEIXEIRA, J. V. Propriedade Intelectual e Proteção de Cultivares. **Série Tecnológica APTA**, 2008.

THOMPSON, P. G.; SMITTLE, D. A.; HALL, M. R. Relationship of Sweetpotato yield and quality to amount of irrigation. **HortScience**, v. 27, n. 1, p. 23–26, 1992.

VARGAS, P. F. et al. Agronomic characterization of sweet potato accessions. **Comunicata Scientiae**, v. 8, p. 116-125, 2018.

VARGAS, P. F. et al. Diversidade genética entre cultivares crioulas de batata-doce cultivadas por agricultores tradicionais. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 31, n. 3, p. 779-790, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rcaat/a/fwcGk4XhtTHgtyXHNDpL3jd/?lang=en#>. Acesso em: 05 out. 2023.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. Genética biométrica no fitomelhoramento. **Sociedade Brasileira de Genética**, p. 486, 1992.