

ALANA PONTES SUN DE SOUZA

**PRODUÇÃO E CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE RAÍZES E
AMIDOS DE DIFERENTES GENÓTIPOS DE MANDIOCA**

Botucatu

2024

ALANA PONTES SUN DE SOUZA

**PRODUÇÃO E CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE RAÍZES E
AMIDOS DE DIFERENTES GENÓTIPOS DE MANDIOCA**

Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agronômicas da Unesp Câmpus
de Botucatu, para obtenção do título de
Mestre em Engenharia Agrícola.

Orientadora: Prof.^a Dra. Magali Leonel

Coorientador: Prof. Dr. Adalton Mazetti
Fernandes

Botucatu

2024

S729p

Souza, Alana Pontes Sun de

Produção e características físico-químicas de raízes e amidos de diferentes genótipos de mandioca / Alana Pontes Sun de Souza. -- Botucatu, 2024

60 p. : il., tabs., fotos

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu

Orientadora: Magali Leonel

Coorientador: Adalton Mazetti Fernandes

1. Manihot esculenta Crantz. 2. Produtividade. 3. Composição química. 4. Fécula. I. Título.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

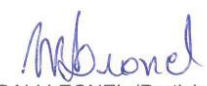
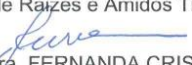
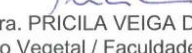
Título:

PRODUÇÃO E CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE RAÍZES E AMIDOS DE
DIFERENTES GENÓTIPOS DE MANDIOCA

AUTORA: ALANA PONTES SUN DE SOUZA

ORIENTADORA: MAGALI LEONEL

COORDENADOR: ADALTON MAZETTI FERNANDES

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Engenharia
Agrícola, pela Comissão Examinadora:
Dr.^a MAGALI LEONEL (Participação Presencial)
Centro de Raízes e Amidos Tropicais / Universidade Estadual Paulista UNESP
Profa. Dra. FERNANDA CRISTINA PIERRE (Participação Presencial)
/ FATEC Botucatu
Profa. Dra. PRICILA VEIGA DOS SANTOS (Participação Presencial)
Produção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu - UNESP

Botucatu, 16 de setembro de 2024.

DEDICO, A JESUS MEU ALICERCE
E A MINHA FAMÍLIA, PELA COMPREENSÃO,
APOIO E TODO AMOR.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, que me acompanha todo tempo, que me deu força e discernimento nesta trajetória.

À minha família, por me amar incondicionalmente, apoiar todos os meus sonhos e me encorajar a seguir em frente.

Ao Centro de Raízes e Amidos Tropicais (CERAT), UNESP, que disponibilizou toda a infraestrutura para o desenvolvimento favorável dessa pesquisa, contribuindo para o meu crescimento profissional e pessoal.

A minha orientadora, Profa. Dra. Magali Leonel, que me confiou este projeto, compartilhou seus conhecimentos e sempre esteve disponível para amparar meu desenvolvimento.

Ao meu coorientador Prof. Dr. Adalton Mazetti Fernandes, por todo apoio no desenvolvimento das atividades de campo, sem o qual não seria possível a realização do estudo.

Aos pesquisadores da Embrapa, Dr. Eduardo Alano Vieira e Dra. Luciana Alves de Oliveira, pela disponibilização dos genótipos de mandioca e apoio na realização das análises dos amidos.

Aos técnicos de laboratório do CERAT, Luiz Henrique Urbano e Juliana Ap. Marques Eburneo, pelo suporte técnico e ensinamentos.

Aos amigos do CERAT, Politon Guedes, Julia Santos, Paulo Ricardo, Nathalia Lossoli e Delba Rodrigues pela empatia e disponibilidade em ajudar sempre que necessário.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

RESUMO

A mandioca é uma cultura perene e arbustiva, normalmente cultivada em regiões tropicais e subtropicais do mundo. No Brasil tem sido cultivada em todas as unidades da federação, com o Estado de São Paulo se destacando pelo nível tecnológico do sistema produtivo e parque industrial para o processamento. Um dos desafios da mandiocultura no Estado é a necessidade de introdução de novas cultivares para atender as constantes demandas dos produtores e indústrias. Nessa linha, este estudo objetivou avaliar quanto a aspectos produtivos e de composição de raízes e propriedades de amidos de nove genótipos de mandioca, sendo uma cultivar destinada para a indústria de amido a BRS CS 01, e oito clones de mandioca “açucarada”. Foram instalados dois ensaios experimentais, sendo um no município de São Manuel-SP e outro em Ubirajara-SP. Para a comparação dos genótipos, os ensaios foram instalados com delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições. A condução dos ensaios de campo foi realizada de acordo com as recomendações técnicas para a cultura. Após as colheitas foram analisados o número de raízes por planta, o peso médio das raízes, a produção de raízes/planta, a produtividade, o teor de massa seca nas raízes, a gravidade específica e a renda. As raízes tuberosas de oito plantas foram descascadas (retirada da película marrom), higienizadas em água clorada, sendo separadas amostras da parte central das raízes para as análises de umidade, cinzas, matéria graxa, proteína, fibra alimentar, açúcares total e redutores, e amido. Uma amostra de 10 kg de raízes foi utilizada para a extração do amido. O amido foi isolado seguindo as etapas de desintegração das raízes, prensagem, purificação do leite de amido em peneiras de 80 mesh (0,177 mm) e 150 mesh (0,105 mm), decantação (5°C/24 horas), desidratação (45°C/ 36 horas), desintegração (grau e pistilo) e embalagem. Os amidos foram analisados quanto ao teor de umidade, amilose, amido resistente, poder de inchamento e solubilidade. Os resultados obtidos foram submetidos a ANOVA, sendo as médias das cultivares comparadas pelo teste Scott e Knott ($p \leq 0,05$). Foi feita a análise de componentes principais para a avaliação das similaridades e dissimilaridades dos genótipos. Os resultados obtidos mostraram que nas duas áreas os parâmetros massa seca de raiz, gravidade específica e renda foram positivamente correlacionados e contribuíram para a diferenciação da cultivar

BRS CS 01 de mandioca. O clone 617/8 destacou-se pela produção de raízes/planta e produtividade, o que contribuiu para sua diferenciação quanto aos aspectos produtivos. A análise da composição química das raízes revelou que a cultivar BRS CS 01 diferenciou-se estatisticamente dos demais genótipos pelos maiores teores de amido, proteína e matéria graxa. Os clones diferiram principalmente pelos maiores teores de umidade e açúcares. Os clones 1378/10, 999/12 e 1096/12 diferiram dos demais genótipos pelos maiores níveis de açúcares totais. Os amidos isolados de plantas cultivadas nas duas áreas apresentaram níveis de umidade, cinzas e amido total em acordo com as normas de qualidade para féculas de mandioca. Os amidos isolados dos clones de mandioca açúcarada não diferenciaram estatisticamente do amido padrão isolado da cultivar BRS CS 01 para os teores de amilose e amido resistente quando as plantas foram cultivadas em Ubirajara-SP. No cultivo em São Manuel destaca-se semelhança dos clones 392/09 e 597/10 com a cultivar padrão para esses parâmetros. Os clones 706/10 e 617/8 diferenciaram estatisticamente dos demais genótipos pelo maior poder de inchamento e solubilidade. Estes resultados contribuem para a diversificação genotípica da mandioca e para avanços na seleção de materiais de mandioca açúcarada para as diferentes regiões produtoras, bem como, para a introdução desse como matéria-prima industrial.

Palavras-chave: Composição química; *Manihot esculenta* Crantz; fécula; produtividade.

ABSTRACT

Cassava is a perennial and shrubby crop, normally grown in tropical and subtropical regions of the world. In Brazil, it has been grown in all the states of the federation, with the state of São Paulo standing out due to the technological level of the production system and the industrial park for processing. One of the challenges facing the crop in the state is the need to introduce new cultivars to meet the constant demands of farmers and industrialists. The aim of this study was to evaluate the production parameters, root composition and starch properties of nine cassava genotypes, one of which is a cultivar intended for the starch industry, BRS CS 01, and eight "sugary" cassava clones. Two experimental trials were set up, one in the municipality of São Manuel-SP and the other in Ubirajara-SP. To compare the genotypes, the trials were set up in a randomized block design with four replications. The field trials were conducted in accordance with the technical recommendations for the crop. At harvest the number of roots per plant, average root weight, root production/plant, yield, root dry matter content, specific gravity and "renda" were analyzed. The tuberous roots of eight plants were peeled (removal of the brown peel), sanitized in chlorinated water, and samples of the central part of the roots were separated for analysis of moisture, ash, fat, protein, dietary fiber, total and reducing sugars, and starch. A sample of 10 kg of roots was used to extraction of the starch. The starch was isolated following the steps of disintegration of the roots, pressing, purification of the starch suspension on 80 mesh (0.177 mm) and 150 mesh (0.105 mm) sieves, decantation (5°C/24 hours), dehydration (45°C/36 hours), starch disintegration (pistil) and packaging. The starches were analyzed for moisture content, amylose, resistant starch, swelling power and solubility. The results obtained were subjected to ANOVA and the means of the cultivars were compared using the Scott and Knott test ($p \leq 0.05$). Principal component analysis was used to assess the similarities and dissimilarities between the genotypes. The results showed that in both areas the parameters root dry matter, specific gravity and yield were positively correlated and contributed to differentiating the starchy cultivar BRS CS 01. Clone 617/8 stood out in terms of root production/plant and yield, which helped differentiate it from the other clones in terms of agronomic performance. Analysis of the chemical composition of the roots revealed that the cultivar BRS CS 01 stood out from the

other genotypes due to its higher starch, protein, and fat contents. The clones differed mainly in their higher levels of moisture and sugars. Clones 1378/10, 999/12 and 1096/12 differed from the other genotypes in their higher levels of total sugars. The starches isolated from plants grown in the two areas showed levels of moisture, ash and total starch in accordance with the quality standards for cassava starch. The starches isolated from the sugar cassava clones did not differ from the standard starch isolated from the BRS CS 01 cultivar in terms of amylose and resistant starch content when the plants were grown in Ubirajara-SP. When grown in São Manuel, clones 392/09 and 597/10 were like the standard cultivar for these parameters. Clones 706/10 and 617/8 differed from the other genotypes in their higher swelling power and solubility. These findings contribute to the genotypic diversification of cassava and to advances in the selection of sugary cassava genotypes for the different producing regions, as well as to the introduction of sugary cassava as an industrial raw material.

Keywords: Chemical composition; *Manihot esculenta* Crantz; starch; yield.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Temperaturas mínimas, máximas e precipitação pluviométrica no período dos ensaios experimentais	29
Figura 2 - Imagens das áreas experimentais com os genótipos de mandioca em diferentes fases de crescimento das plantas.....	32
Figura 3 - Teores de massa seca nas raízes (%) dos diferentes genótipos de mandioca determinados em laboratório (MSL) e calculados pela equação de Maraphum et al. (2021) (MSC) em São Manuel (A) e Ubirajara (B)	41
Figura 4 - Gráficos de componentes principais dos parâmetros produtivos de genótipos de mandioca cultivados em São Manuel (a) e em Ubirajara (b)	42
Figura 5 - Gráficos de componentes principais dos parâmetros produtivos de genótipos de mandioca cultivados em São Manuel (a) e em Ubirajara (b)	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características químicas dos solos na profundidade de 0-20 cm antes do plantio da mandioca em São Manuel e Ubirajara.....	31
Tabela 2 - Comparação das médias das características produtivas de diferentes genótipos de mandioca cultivados em São Manuel-SP.....	37
Tabela 3 - Comparação das médias das características produtivas de diferentes genótipos de mandioca cultivados em Ubirajara-SP	37
Tabela 4 - Comparação das médias da composição química (g/100g base úmida) de diferentes genótipos de mandioca cultivados em São Manuel-SP	44
Tabela 5 - Comparação das médias da composição química (%) de diferentes genótipos de mandioca cultivados em Ubirajara-SP	45
Tabela 6 - Características físico-químicas dos amidos isolados dos genótipos de mandioca cultivados em São Manuel-SP	48
Tabela 7 - Características físico-químicas dos amidos isolados dos genótipos de mandioca cultivados em Ubirajara-SP.....	48

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	19
2	REVISÃO DE LITERATURA	21
2.1	Mandioca.....	21
2.2	Amido	24
3	MATERIAL E MÉTODOS	28
3.1	Localização e características das áreas experimentais.....	28
3.2	Delineamento experimental e tratamentos	30
3.3	Instalação e condução do experimento	30
3.4	Avaliações	33
3.4.1	Número, peso médio e produtividade de raízes tuberosas	33
3.4.2	Teor de matéria seca nas raízes tuberosas e renda	33
3.4.4	Composição química das raízes de mandioca.....	34
3.4.5	Extração do amido.....	34
3.5	Análises dos amidos.....	34
3.6	Análise estatística	35
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
4.1	Avaliações de produção	35
4.1.1	Análise de componentes principais para parâmetros produtivos	41
4.2	Composição química das raízes de mandioca	43
4.2.1	Análise de componentes principais para composição das raízes	46
4.3	Análises dos amidos.....	48
5	CONCLUSÕES.....	51
	REFERÊNCIAS.....	53

1 INTRODUÇÃO

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é uma cultura perene e arbustiva, normalmente cultivada em regiões tropicais e subtropicais (Howeler, 2014). A produção mundial de mandioca, em 2020, foi de 302 milhões de toneladas, com destaque para o continente africano, responsável por aproximadamente 60% da produção mundial (FAO, 2020).

Cultivada em todo território nacional, o Brasil produziu cerca de 17,6 milhões de toneladas de mandioca em 2022, com rendimento médio de produtividade agrícola de 14,9 t / ha, ocupando o quinto lugar na produção mundial (IBGE, 2022; FAO, 2020). A mandiocultura está entre as mais importantes culturas do país não apenas como fonte significativa de alimento, mas também na geração de emprego e renda (EMPRAPA, 2023).

Segundo Alves e Modesto Junior (2019), os processos ligados ao cultivo de mandioca e à fabricação de seus derivados, como farinha e amido, criam cerca de um milhão de empregos em todo o país, sendo 450 mil empregos diretos e 500 mil indiretos. Em 2023, o valor bruto da produção (VBP) agropecuária de mandioca, especialmente de farinha e amido, alcançou aproximadamente 20 bilhões, segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Brasil, 2024).

O estado de São Paulo tem apresentado um crescimento exponencial na produção de mandioca, principalmente para atender a indústria, é atualmente o sexto produtor nacional, sendo o maior da região sudeste (Pigatto *et al.*, 2015). O aumento do cultivo da mandioca em escala industrial no estado de São Paulo visa atender a demanda por matéria prima das indústrias de amido (fécula) e farinha (Leone *et al.*, 2009). No entanto, a região enfrenta uma alta demanda por novas cultivares de mandioca, já que a produção apresenta extensas áreas cultivadas com baixa variabilidade genética. Isso agrava os problemas com pragas e doenças, afetando negativamente o rendimento das indústrias e os lucros dos produtores, e evidenciando a necessidade de sistemas de produção mais modernos. (EMBRAPA, 2020).

A incorporação ao sistema produtivo do Estado de São Paulo de acessos de mandioca com potencial de industrialização é sem dúvida um dos maiores desafios atuais do sistema de produção de mandioca no estado. As mandiocas açúcaradas, também conhecidas como mandiocabas, são variedades populares por

apresentarem alta produtividade, alto teor de água e açúcar e baixo teor de amido (Aguiar, 2020; Carvalho *et al.*, 2004). Tais variedades não são valorizadas pelos produtores de mandioca para indústria de farinhas por seu baixo teor de matéria seca, porém, essas raízes podem ser usadas para gerar xarope e bebida alcoólica (Moura *et al.*, 2016; Souza *et al.*, 2013), bem como, fontes de amidos com propriedades diferenciadas.

Para explorar estas diversidades de mandioca é necessário a caracterização destes materiais. E ainda que seja um desafio introduzir tais variedade, estas mandiocabas apresentam um potencial inovador, promissoras para a produção de biocombustíveis e alimentos funcionais. Além disso, a adaptação dessas variedades a diferentes condições de cultivo pode influenciar sua composição química e produtividade. Pesquisas apontam que, apesar de algumas variedades apresentarem variações em amilose e amido resistente, os clones açucarados podem manter a qualidade de féculas de mandioca (Carvalho, *et al.*, 2004). A identificação de clones com alto poder de inchamento e solubilidade pode ampliar suas aplicações industriais.

A variabilidade genética permite a seleção de amidos com propriedades adaptadas a diferentes usos industriais, reforçando o potencial da mandiocaba na inovação de produtos. O amido de mandioca representa 30 % do total comercializado no mercado brasileiro, para diversos fins de utilização, seja para indústrias agroalimentares ou para outros segmentos como, papelero, químico e têxtil (Silva *et al.*, 2000; Xavier, *et al.*, 1999). Segundo o CEPEA (2021) a produção de amido de mandioca teve crescimento de 7,5% em 2020, e o setor tem a expectativa de um aumento de 11,9% em 2021.

Frente a importância da mandioca e da avaliação de novos materiais genéticos como estratégia para o incremento do setor agrícola e industrial no Estado de São Paulo, este estudo objetivou avaliar quanto a parâmetros produtivos, de composição de raízes e propriedades físico-químicas de amidos de nove genótipos de mandioca, sendo uma cultivar amilácea e oito clones de mandioca açucarada, visando gerar informações que possam contribuir para a diversificação genômica no estado.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Mandioca

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é a terceira fonte mais importante de calorias nos trópicos, depois do arroz e do milho e destaca-se também como uma das mais importantes fontes de produção comercial de amido. (Fasinmirin; Reichert, 2011; Salau *et al.*, 2015).

A cultura tem pouco exigência de solo e se adapta a várias condições climáticas, desempenhando uma função fundamental para a segurança alimentar. Anteriormente conhecida como uma cultura de pequeno valor agregado, a mandioca tinha como destino ao processamento de alimentos de baixo custo para população de pouca renda, porém em meados de 2000, aconteceram algumas mudanças para sua produção (Kolawole, *et al.* 2010; Ajayi; Olutumise, 2018; Vilpoux, 2011).

O cultivo da mandioca é popular em países tropicais em desenvolvimento. A produção feita por diversas nações coloca a cultura na lista dos alimentos mais produzidos no mundo, ocupando a 5ª posição, ficando atrás apenas do arroz, trigo, batata, milho (CIP, 2010). As raízes tuberculosas da mandioca contém alto teor de amido e são boas fontes de carboidratos. A cultura tem grande relevância para o agronegócio mundial, uma vez que é capaz de ser geradora de renda e emprego em diversas áreas rurais em vários países (FAOSTAT, 2019; Latif; Müller, 2015).

A produção de mandioca no Brasil é, em sua maioria, voltada para a alimentação humana, na forma *in natura* ou destinada para as indústrias de farinha e amido. A cultura tem grande importância econômica e social, por se tratar de uma cultura de fácil propagação, rusticidade e usos múltiplos, sendo produzida em pequena e larga escala nas mais diferentes regiões edafoclimáticas do país e com graus de tecnologia também bastante diversificados, fornecendo alimentos, empregos e renda para milhões de pessoas, além de contribuir para a diversificação agrícola e para a geração de divisas por meio das exportações (EMBRAPA, 2011).

Segundo o IBGE (2022) a produtividade média de mandioca no Brasil é de aproximadamente 14,4 toneladas por hectare. Sendo que na região Sudeste a produtividade média varia 12 e 18 toneladas por hectare, com algumas áreas

alcançando até 25 toneladas por hectare com uso de variedades melhoradas e técnicas avançadas de manejo. O número de raízes e peso médio por planta e de mandioca pode variar amplamente dependendo dos fatores como variedade, manejo, espaçamento entre plantas, condições ambientais, interações biológicas. Em geral, variedades comerciais de mandioca podem produzir entre 1 a 10 raízes por planta (Carvalho e Fukuda, 2006).

No estudo de Rós *et al.* (2011) com mandioca destinada a indústria, o número de raízes por planta entre as cultivares variou de 6 a 8,8 raízes. Apresentando diferenças significativas entre as cultivares estudadas, com algumas mostrando maior prolificidade em termos de produção de raízes. Esta variação reflete a variabilidade genética e a adaptabilidade das diferentes cultivares às condições ambientais específicas do local do experimento em Presidente Prudente, SP. O peso médio das raízes de mandioca não apresentou variação significativa entre as cultivares variando de 0,41 a 0,65 kg. Os resultados indicam que, apesar das diferenças fenológicas e de crescimento, o peso individual das raízes permaneceu relativamente constante entre as cultivares avaliadas.

No estudo de Oliveira e Moraes (2009), a produção de mandioca cultivar IAC 576-70 foi avaliada em diferentes épocas de colheita. Os valores de produção variaram ao longo do tempo de colheita, com médias de produtividade de 1,3 kg/planta aos 6 meses, 5,88 kg/planta aos 9 meses, e 4,36 kg/planta aos 12 meses. Esses resultados mostram que a colheita aos 9 meses proporcionou a maior produtividade, coincidindo com a época em que as características físico-químicas e o tempo de cozimento das raízes também foram mais favoráveis.

Moreto e Neubert (2014) avaliaram a produtividade de quatro cultivares de mandioca de mesa em diferentes épocas de colheita em Santa Catarina. Os resultados mostraram que variações climáticas ao longo do período de colheita podem influenciar a maioria dos caracteres agrônômicos, com as raízes alcançando melhor produtividade kg/planta nos meses de dezembro a janeiro em que alcançaram valores superiores a 9 kg/planta, período de maior incidência de chuvas junto com aumento de temperatura, clima no qual a raiz de mandioca maximiza sua produção (El-Sharkawy, 2007).

A produtividade de mandioca pode apresentar grande variação conforme a variedade das raízes. Mezzete *et al.* (2009) estudando a produtividade dos clones de mandioca de mesa, obteve uma produtividade média dos clones de 23,41 toneladas por hectare (t/ha), média atrativa comparada a produtividade média nacional que é de aproximadamente 14,86 t/ha (CONAB, 2022). Vieira *et al.* (2023) analisando a produtividade de mandioca açúcarada reportou excelente produtividade dos clones variando de 30 a 90 t/ha.

O teor de matéria seca (tms) de mandioca geralmente varia de 30 a 40%, porém variedades geneticamente modificadas podem alcançar teores superiores, é um parâmetro crítico que afeta tanto a qualidade nutricional das raízes quanto a eficiência industrial (Alves, 2008; Borges *et al.*, 2002). As mandiocas açúcaradas geralmente tem o tms menor do que em mandiocas de mesa e destinadas a indústria. Fernandes *et al.* (2021) em estudo com o clone açúcarado 617/08 reportou tms de 19,81%, enquanto Mezzete *et al.* (2009) publicou tms de 43,5% para cultivar IAC 576/70, importante cultivar para o mercado de mesa do Estado de São Paulo.

A renda e gravidade específica são importantes parâmetros de eficiência na produção de mandioca, influenciam a rentabilidade dos produtores e a qualidade dos derivados de mandioca, como farinha e amido. A renda refere-se a quantidade de produto utilizável obtido a partir do processamento das raízes. Em condições ideais a renda de farinha de mandioca pode variar entre 20 a 40% do peso fresco das raízes, enquanto a renda de amido pode variar entre 15 e 25%. A gravidade específica (GE) é a razão entre a massa e o volume. É um indicador de qualidade das raízes, influenciando a eficiência do processamento e a qualidade dos produtos finais (Maraphum, 2021; Shittu, 2016). Silva *et al.* (2023) estudando diferentes genótipos de mandioca para indústria publicou uma variação de 1,104 a 1,165 de GE.

A composição química das raízes de mandioca são compostas basicamente por água e carboidratos, com o amido sendo seu maior componente. A composição destas muda conforme a variedade, fisiologia, tipo de solo e manejo. A composição média é de 63,4% de umidade; 32,0% de amido; 0,2% de açúcares totais; 0,7% de fibras; 1,0% de proteína; 0,4% de matéria graxa e 0,7% de cinzas (Albuquerque, *et*

al. 1993; Oliveira; Moraes, 2009). Nas mandiocas açucaradas é comum encontrar teor de umidade superior a 80% (Neves *et al.*, 2013; Souza *et al.*, 2013).

A mandioca açucarada se caracteriza por apresentar grandes quantidades de açúcares livres em suas raízes de reserva, devido a uma deficiência de uma das enzimas que convertem o açúcar em amido. Vieira *et al.* (2008), estudando genótipos de mandiocas açucaradas, verificaram que além do baixo teor de amido, comparado com outras variedades de mandioca, sendo por volta de 15%, as raízes açucaradas apresentam maior teor de glicose. Outra característica importante é que as mandiocas açucaradas, dependendo do genótipo, podem atingir mais de 90% de umidade e porcentagem de amido inferior a 5% (Araújo; Cunha; Cunha, 2013).

Diante desta diferenciação, com o objetivo de conservar tais variedades e explorar novas maneiras de uso da mandioca, estudos estão testando suas aplicabilidades dentro da indústria, como para produção de álcool, combustíveis e indústria de cosméticos, produção de xaropes naturais, bebidas fermentadas, dentre diversas outras aplicabilidades que podem ser descobertas em pesquisas (Vieira *et al.*, 2008).

Vieira *et al.* (2023) estudando uma variedade de mandioca açucarada, publicou a possibilidade do uso para ração animal como silagem e capim forrageiro. Em outro estudo, Vieira *et al.* (2018) ressaltaram a aceitação dos produtores do Distrito Federal, com as cultivares de mandioca açucaradas estudadas devido ao seu potencial agrônomo e tempo de cozimento atrativos. Teixeira *et al.* (2017) também relataram resultados satisfatórios de mandioca açucarada quanto a textura e tempo de cozimento, características ligadas a aceitabilidade do consumidor.

2.2 Amido

O amido é o carboidrato de reserva de armazenamento mais abundante nas plantas. É encontrado em muitos órgãos vegetais diferentes, incluindo sementes, frutas e muitas raízes e tubérculos. O amido consiste em dois tipos de polissacarídeos, a amilose que é um polímero linear, e a amilopectina que é ramificada, que são unidades de glicose com estruturas diferentes e repetidas (Buléonet *al.*, 1998; Clasen, *et al.*, 2018).

A amilose é essencialmente linear, enquanto a amilopectina, principal molécula presente no amido de mandioca, tem uma estrutura ramificada com 5-6% de ligações α - (1,6) (Buléon *et al.*, 1998, Pérez; Bertoft, 2010). Diferentes escalas de organização são detectadas desde a forma granular, os anéis de crescimento, até as lamelas cristalinas. Eles são baseados no empacotamento de duplas hélices formadas a partir de ramificações curtas e agrupadas de moléculas de amilopectina dentro de lamelas finas. O comprimento médio da cadeia ramificada e a distribuição do comprimento da cadeia ramificada das amilopectinas estão altamente correlacionados com o alomorfo cristalino (Pérez; Bertoft, 2010).

As características morfológicas do amido de mandioca, incluindo o tamanho e a forma, podem ser descritas como oval, truncado e arredondado. Também são caracterizadas por uma superfície mais lisa comparada a outras raízes tuberosas como a batata-doce, que podem ser observados por várias técnicas microscópicas (por exemplo, Microscopia Eletrônica de Varredura e Microscopia de Luz) (Juszczak; Fortuna; Krok, 2003).

Fatores como armazenamento, época de plantio e colheita, estresse hídrico, poda, genética, precipitação e temperatura, podem afetar o tamanho e morfologia dos grânulos como observados em diversos estudos (Teerawanichpan *et al.*, 2008; Moorthy; Ramanujam, 1986; Santisopasri *et al.*, 2001; Defloor *et al.*, 1998; Asaoka, Blanshard, Rickard, 1993; Gu *et al.*, 2013; Ceballos *et al.*, 2007).

Um grânulo contém regiões semicristalinas e amorfas alternadas. A região cristalina consiste em duplas hélices de amilopectina, enquanto a região amorfa é formada por cadeias de amilose e segmentos ramificados de amilopectina. As cadeias de amilose são intercaladas com as cadeias de amilopectina. A morfologia, forma, tamanho, grau de cristalinidade e reatividade do amido dependem da origem e composição da matéria-prima (Pérez; Bertoft, 2010).

A cristalinidade depende do grau de ordenamento estrutural em um corpo sólido. A cristalinidade dos grânulos de amido nativo é tipicamente de 14% a 45%; por isso há uma série de desafios relacionados ao seu uso e processamento (Singh, 2006). A cristalinidade do amido é assegurada pelo empacotamento de duplas hélices de amilopectina em uma célula unitária. Vários polimorfos caracterizados por diferentes estruturas cristalinas são diferenciados, assim a análise de difração de

raios X é empregada para identificar a estrutura cristalina do amido em estudo (Rolland-Sabate *et al.*, 2012).

O amido cristalino estrutura desaparece quando é disposto a temperaturas superior a 90 °C na presença de um plastificante, como água. Essa transformação é chamada de gelatinização. Isto é possível converter o amido em um material termoplástico, e, para isso, é necessário romper o nativo estrutura semicristalina do amido. Interrupção do estrutura, ou seja, a gelatinização do amido, é comumente obtido aquecendo o amido na presença de água (Alay; Meireles, 2015).

Após o resfriamento, o amido gelatinizado e a água sofrem interações moleculares por ligações de hidrogênio. A reassociação de cadeias de amido resulta em reordenamento do sistema e recristalização parcial de moléculas com as moléculas de água expelidas. A reassociação de amilose é em grande parte responsável pelo endurecimento inicial do gel, enquanto a gelificação e retrogradação a longo prazo são determinados principalmente pela recristalização da amilopectina (Zhu; Wang, 2014).

O poder de inchamento de amidos de mandioca em água é também uma importante característica estrutural para verificar a adequação para processamento e aplicações culinárias de amidos e farinhas de mandioca. Os amidos podem sofrer diferentes estágios de inchamento a partir da absorção de água de regiões amorfas de grânulos de amido à desintegração dos grânulos. A absorção de água e o aquecimento podem resultar em inchaço dos grânulos de amido, ruptura das ligações de hidrogênio, aumento no tamanho dos grânulos e fusão levando à separação de amilose-amilopectina e exsudação de moléculas de amilose (Zhu, 2015; Charles, 2016).

Amidos em excesso de água formam dispersões. Quando as dispersões são aquecidas ocorrem inchamento, gelatinização e solubilização. As propriedades da pasta e dos géis resultantes dos processos de aquecimento, congelamento e descongelamento podem ser a base da seleção de variedades de mandioca para adequação de aplicações industriais (Wang, 2015).

As características físico-químicas do amido de mandioca podem variar de acordo com sua origem e método de extração. Para um amido de melhor qualidade

é desejável baixos teores de constituintes menores e um alto teor de amido (Leonel; Freitas; Mischon, 2009).

As utilidades do amido de mandioca abrange uma ampla gama de aplicações em diversos setores, incluindo a indústria alimentícia, farmacêutica, cosmética, têxtil e de embalagens biodegradáveis. É amplamente utilizado como espessante e estabilizante em uma variedade de produtos alimentícios, incluindo sopas, molhos, sobremesas e produtos de panificação. Suas propriedades são valorizadas na criação de texturas desejáveis em alimentos. Devido à sua natureza não alergênica e ausência de glúten, é uma alternativa para a produção de alimentos destinados a indivíduos com intolerância ao glúten, como pães e massas sem glúten (Akpa; Dagde, 2012; Luchese; Rodrigues; Tessaro, 2021).

Na indústria farmacêutica, o amido de mandioca é usado como excipiente em formulações de comprimidos e cápsulas, ajudando na ligação e desintegração dos ingredientes ativos. Sua biocompatibilidade e baixa reatividade química são vantagens importantes. O amido de mandioca é utilizado em produtos cosméticos como cremes, loções e géis devido às suas propriedades espessantes e formadoras de gel. Ele melhora a textura e a estabilidade dos produtos cosméticos. Com a crescente demanda por produtos cosméticos naturais, é uma opção popular devido à sua origem vegetal e biodegradabilidade, tornando-se um ingrediente-chave em formulações sustentáveis (Chibuogwu, 2020; Luchese; Rodrigues; Tessaro, 2021).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e características das áreas experimentais

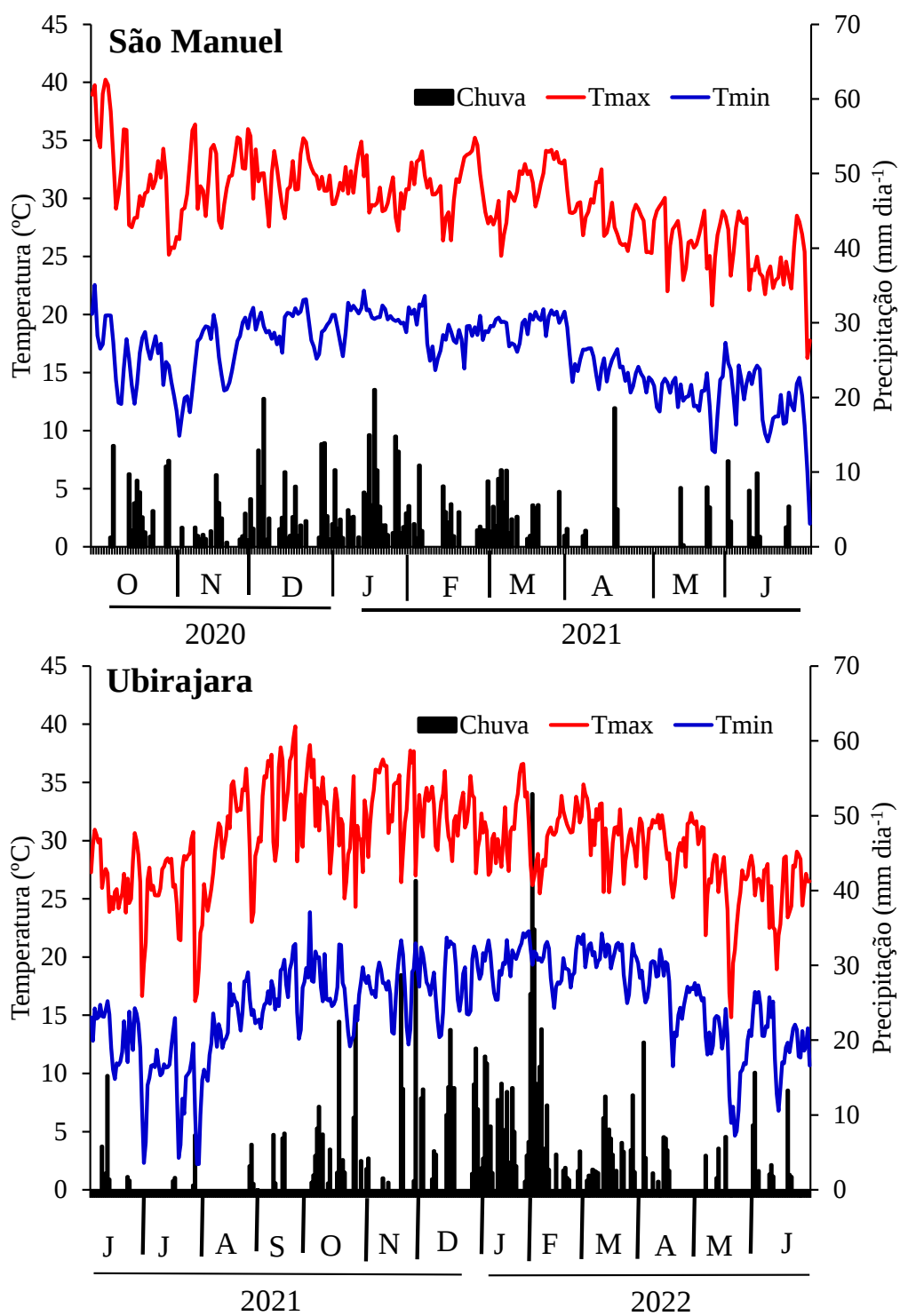
Foram instalados dois experimentos de campo em áreas distintas do Estado de São Paulo. O primeiro experimento no campo foi conduzido no período de outubro de 2020 a junho de 2021 na área experimental do Centro de Raízes e Amidos Tropicais (CERAT), localizada na Fazenda Experimental de São Manuel - UNESP, no município de São Manuel - SP (22° 77' S; 48° 57' W e 740 m de altitude). O clima da região, conforme a classificação de Köppen, é do tipo Cwa, que se caracteriza como tropical de altitude, com inverno seco e verão quente e chuvoso. As temperaturas máximas e mínimas e a precipitação pluvial ocorridas durante o período de condução do experimento foram registradas (Figura 1). O solo do local é um Latossolo Vermelho distrófico (EMBRAPA, 2006), de textura arenosa. A área onde o experimento foi conduzido havia sido cultivada com milho na safra anterior.

O segundo experimento foi instalado em junho de 2021 e conduzido em área experimental localizada no município de Ubirajara - SP (22° 34' 00" S; 49° 37' 22" W e 565 m de altitude). O solo do local é um Neossolo Quartzarênico (EMBRAPA, 2006), de textura arenosa. A área onde o experimento foi conduzido havia sido cultivada com mandioca na safra anterior.

O município de Ubirajara-SP tem tradição no cultivo de mandioca, bem como no processamento para a obtenção de diferentes produtos. O CERAT/UNESP desde 1997 tem apoiado as ações de desenvolvimento e inovação no município com diversas ações, sendo que nos últimos anos, contribuído através de projeto de cooperação com CERAT-UNESP/ Embrapa, para a diversificação de cultivares. A instalação de experimento na Fazenda Experimental de São Manuel justifica-se pela possibilidade de fortalecimento do cultivo de mandioca na região de Botucatu-SP com ações conjuntas da pesquisa e extensão universitária.

As temperaturas máximas e mínimas e a precipitação pluvial ocorridas durante o período de condução do experimento foram registradas (Figura 1).

Figura 1 - Temperaturas mínimas, máximas e precipitação pluviométrica no período dos ensaios experimentais



3.2 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado em ambas as áreas experimentais foi o de blocos casualizados com quatro repetições. Os tratamentos foram representados por uma cultivar de mandioca selecionada para a indústria de amido, a BRS CS01, uma cultivar de mandioca açúcarada, a BRS 438 (Vieira *et al.*, 2023), que neste projeto é nomeada como o clone 617/8 e 7 clones de mandioca açúcarados selecionados pela Embrapa Cerrados, Planaltina-DF obtidos a partir do cruzamento de acessos conservados no Banco Regional de Germoplasma de Mandioca do Cerrado (BGMC), clone 706/10, clone 1378/10, clone 1380/10 e clone 999/12 (BGMC 1217 x BGMC 753), clone 392/09 e clone 597/10 (BGMC 1217 x BGMC 753) e clone 1096/12 (BGMC 1215 x BRS 438). As parcelas foram compostas por 04 linhas de mandioca de 8 m de comprimento. Para as avaliações foram consideradas as duas linhas centrais desprezando 0,5 m na extremidade de cada fileira de plantas e uma fileira de cada lado das parcelas.

3.3 Instalação e condução do experimento

Antes do plantio da mandioca, os solos das áreas foram coletados na profundidade de 0-20 cm e analisados quanto às características químicas de acordo com a metodologia proposta por Raij *et al.* (2001), cujos resultados estão apresentados na Tabela 1. Posteriormente, o solo foi preparado de forma convencional com aração e gradagem nas duas áreas. O plantio da mandioca foi realizado em 29/10/2020 na área em São Manuel-SP e em 25/06/2021 na área de Ubirajara-SP com plantadora-adubadora de mandioca, modelo Bazuca II da marca Planticenter®, no espaçamento de 0,90 m entre linhas e 0,80 m entre plantas e 1,10 m entre linhas e 0,60 m entre plantas, respectivamente.

A adubação de plantio em São Manuel foi realizada com 200 kg ha⁻¹ do fertilizante formulado N-P-K 4-30-10 + 0,5% de Zn (8 kg ha⁻¹ de N, 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅, 32 kg ha⁻¹ de K₂O e 1,0 kg ha⁻¹). Em Ubirajara, a adubação de plantio foi realizada com 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (superfosfato simples, 18% P₂O₅; ~ 29,3 g de SS).

Em 04/11/2020 (06 dias após o plantio, DAP) foi aplicado o herbicida pré-emergente Sinerge (Ametrina + clomazone) na dose de 5 L ha⁻¹ do produto comercial, utilizando-se um volume de calda de 200 L ha⁻¹ em São Manuel e o mesmo foi realizado no dia 30/07/2021 (35 dias após o plantio) em Ubirajara.

Tabela 1 - Características químicas dos solos na profundidade de 0-20 cm antes do plantio da mandioca em São Manuel e Ubirajara

Características	São Manuel	Ubirajara
pH (CaCl ₂)	5,2	5,3
M.O.(gdm ⁻³)	5,0	6,0
P-resina(mgdm ⁻³)	14,0	9,0
S(mgdm ⁻³)	2,0	2,0
K(mmolcdm ⁻³)	1,09	0,7
Ca(mmolcdm ⁻³)	12,0	9,0
Mg(mmolcdm ⁻³)	4,0	4,0
H+Al(mmolcdm ⁻³)	16,0	14,0
SB(mmolcdm ⁻³)	17,0	14,0
CTC(mmolcdm ⁻³)	33,0	28,0
V (%)	52,0	51,0
B(mgdm ⁻³)	0,16	0,2
Cu(mgdm ⁻³)	0,9	0,4
Fe(mgdm ⁻³)	5,0	7,0
Mn(mgdm ⁻³)	4,0	7,3
Zn(mgdm ⁻³)	0,9	0,7

A emergência da mandioca no primeiro experimento (São Manuel) ocorreu em 30/11/2020, ou seja, aproximadamente 1,0 mês após o plantio (MAP). A adubação de cobertura foi realizada em 29/01/2021 (2 meses após a emergência, MAE) aplicando-se 300kg ha⁻¹ do fertilizante formulado N-P-K 20-05-20 (60 kg ha⁻¹ de N, 15 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 60 kg ha⁻¹ de K₂O). O fertilizante foi distribuído sobre a superfície do solo, ao lado e aproximadamente a 10 cm das fileiras de plantas. A mandioca foi conduzida sem irrigação. Durante o período de desenvolvimento da cultura, foram realizadas todas as práticas culturais recomendadas para a cultura, de acordo com a necessidade. A colheita foi realizada em 21/06/2021, ou seja, aos 7,8 MAP (6,8 MAE).

A emergência da mandioca na segunda área, Ubirajara, ocorreu em 13/08/2021, quando foi realizada a adubação de cobertura, aproximadamente 1,5 MAE, aplicando-se 185 kg ha⁻¹ do fertilizante formulado N-P-K 20-05-20 (37 kg ha⁻¹

de N, 9 kg ha⁻¹ de P₂O₅, 37kg ha⁻¹ de K₂O). A colheita foi realizada em 14 de junho em 2022.

A Figura 2 mostra os ensaios experimentais nas duas áreas de cultivo.

Figura 2 - Imagens das áreas experimentais com os genótipos de mandioca em diferentes fases de crescimento das plantas.

São Manuel



Ubirajara



3.4 Avaliações

3.4.1 Número, peso médio e produtividade de raízes tuberosas

Na colheita, foram colhidas 04 plantas em duas linhas centrais da área útil das parcelas. As raízes das plantas foram destacadas das cepas contadas e pesadas. O peso médio das raízes foi calculado dividindo-se o peso total pelo número total de raízes de cada parcela. A produtividade de raízes foi calculada multiplicando-se o peso de raízes por planta pela população final de plantas.

3.4.2 Teor de matéria seca nas raízes tuberosas e renda

Para a obtenção da massa seca das raízes, as porções medianas de 10 raízes foram fatiadas em fatiador elétrico, colocadas em sacos de papel, pesadas, e levadas à estufa com circulação de ar a 65°C até atingirem peso constante. Após a secagem, as amostras foram novamente pesadas e o teor de matéria seca foi determinado utilizando o método gravimétrico.

Para determinar a renda, as raízes colhidas foram separadas em amostras de 5 kg. As amostras foram lavadas para remover o excesso de terra e, em seguida, pesadas em água utilizando o método da balança hidrostática. Esse procedimento visou obter os valores de renda a partir de 5 kg de raízes frescas de mandioca. Dessa forma, obteve-se os valores de renda em gramas para as amostras (Maeda; Dip, 2000). Com os dados de renda das raízes obtidos pela metodologia de pesagem, calculou-se a gravidade específica (GE) das raízes utilizando a seguinte equação:

$$GE = PI / (PI - PF)$$

Onde PI é o peso inicial da amostra no ar e PF é o peso obtido na balança hidrostática após submersão das raízes.

3.4.4 Composição química das raízes de mandioca

As raízes tuberosas dos nove genótipos de mandioca foram descascadas para a retirada da película marrom externa, higienizadas em água clorada, e analisadas seguindo as metodologias da AOAC Internacional (AOAC, 2012) para os teores de: umidade (método 934.06), cinzas (método 923.03), fibra (método 985.29), proteína (método 920.152), lipídeos (922.06), açúcares totais (968.28), açúcares redutores (método 925.36) e amido (método 996.11).

3.4.5 Extração do amido

As raízes de mandioca foram lavadas, descascadas e desintegradas na proporção de 1:1 (v:v) de água, em liquidificador industrial de aço inox. A suspensão obtida foi passada através de peneiras de abertura de 80 mesh (0,177 mm) e 150 mesh (0,105 mm) para remoção do resíduo fibroso. O resíduo retido na peneira de 80 mesh passou novamente pelo mesmo procedimento para retirada do amido residual e a suspensão de amido recuperada foi misturada à primeira suspensão. A suspensão de amido foi mantida em câmara fria a 5°C durante 12 h para decantação do amido. O amido decantado foi lavado com água destilada, recuperado por centrifugação, e seco em estufa com circulação de ar a 45°C por 36 horas.

3.5 Análises dos amidos

Os amidos foram analisados quanto ao teor de umidade (Método 934.06), cinzas (Método 923.03) (AOAC, 2005), amilose (Williamset *al.*, 1970) e amido resistente (Goñiet *al.*, 1996).

Opoderdeinchamentoeasolubilidadedosamidosforamdeterminadosconforme metodologia descrita por Schoch (1964) e calculados de acordo com as equações:

$$\text{Poder de inchamento} = \frac{\text{Peso do material sedimentado} \times 100}{\text{Peso da amostra} \times (100 - \% \text{sólidos solúveis})}$$

$$\% \text{Solubilidade} = \frac{\text{Peso do amido solúvel} \times 400}{\text{Peso da amostra (base seca)}}$$

3.6 Análise estatística

Os dados foram analisados por meio de análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste Skott-Knot em nível de 5% de significância utilizando o software SISVAR (Ferreira, 2011). A análise de componentes principais (PCA) foi realizada para correlacionar e discriminar os genótipos e identificar as relações entre os diferentes componentes com o auxílio do software MINITAB 17.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Avaliações de produção

A análise dos dados das características produtivas dos genótipos de mandioca (cultivar BRS CS 01 e clones de mandioca açúcaradas) cultivados em São Manuel-SP (Tabela 2) e Ubirajara-SP (Tabela 3) mostraram diferenças significativas ($p < 0.05$) entre os genótipos para todos os parâmetros estudados.

O número médio de raízes por planta no cultivo em São Manuel variou de 5,57 a 11,47, com média de 8,37. Os clones que apresentaram maior número de raízes foram 1380/10, 597/10, 706/10 e 999/12. No cultivo em Ubirajara, as plantas tiveram variações no número de raízes de 2,55 a 7,05 com média de 5,28, com os clones 617/8 e 706/10 e a cultivar BRS CS 01 se destacando por maiores produções em relação aos demais genótipos.

Segundo Carvalho e Fukuda (2006) uma planta de mandioca pode produzir de uma até dez raízes. Rós *et al.* (2011), avaliando o crescimento de nove cultivares de mandioca selecionadas para indústria no município de Presidente Prudente-SP,

reportaram variação de 6 a 8,8 raízes/planta com colheita aos 320 dias após o plantio (DAP), valores próximos aos observados nesse estudo nas duas áreas de cultivo.

O peso médio das raízes de mandioca variou entre os genótipos, sendo que no cultivo em São Manuel o clone 617/8 teve raízes com maior peso (931,9 g) e, juntamente com os clones 597/10 e 1380/10, apresentaram as maiores produções em massa de raízes (kg/planta). Em Ubirajara, o clone 617/8 também teve raízes de maior peso, não diferindo estatisticamente para essa característica do clone 1096/12, porém se diferenciando estatisticamente de todos os genótipos de mandioca avaliados pela maior produção (6,58 kg/planta). Os clones de mandioca apresentaram nas duas áreas de cultivo raízes com peso médio superior (>50%) que a cultivar amilácea, demonstrando ser uma característica importante desses genótipos.

Oliveira e Moraes (2009) avaliando a produção de raízes da mandioca de mesa 'IAC 576-70' cultivada em Botucatu-SP durante doze meses, com plantio em julho, reportaram variações de 5,88 a 4,36 kg/planta com a maior produção aos 9 meses, produções superiores a observada para a cultivar BRS CS 01 nas duas áreas de cultivo e próximas aquelas observadas para os clones cultivados em Ubirajara-SP com plantio na mesma época.

Moreto e Neubert (2014) estudando a produtividade de mandiocas de mesa em Urussunga-SC, com plantio em outubro, observaram produções variando de 6,82 a 7,29 kg/planta. Essas produções se assemelham às observadas nesse estudo para genótipos cultivadas em São Manuel, o que evidencia o impacto favorável sobre a produção de raízes por planta das condições climáticas em plantios em épocas mais quentes e chuvosas. Esse resultado se deve pelo fato que a planta de mandioca manifesta seu melhor potencial produtivo em condições de precipitação anual superior a 600 mm e sob alta radiação solar (El-Sharkawy, 2007).

Tabela 2 - Comparação das médias das características produtivas de diferentes genótipos de mandioca cultivados em São Manuel-SP

Genótipos	Nº raiz /planta	Peso médio das raízes (Kg)	Produção (Kg/planta)	Produtividade (t/ha)	Massa seca de raiz (%)	Renda (g)	Gravidade específica
BRS CS 01	5,57b	0,35c	1,90d	8,00d	42,1a	638,80a	1,14 ^a
999/12	8,82 ^a	0,62b	5,20b	27,05c	23,1c	328,00c	1,07c
1096/12	7,20b	0,62b	4,57c	23,70c	18,6d	272,05d	1,06b
1378/10	6,77b	0,62b	4,17c	24,30c	23,2c	332,50c	1,07c
392/09	7,25b	0,45c	3,32c	19,05c	23,7c	314,40c	1,07c
597/10	10,97 ^a	0,62b	6,87 ^a	33,27b	30,5b	386,00b	1,08b
1380/10	11,47 ^a	0,62b	6,77 ^a	45,87 ^a	18,8d	240,75d	1,05d
706/10	9,97 ^a	0,52b	5,17b	39,92 ^a	22,6c	302,50c	1,07c
617/8	7,30b	0,92 ^a	6,67 ^a	31,87b	18,4d	201,25e	1,04e
Média Geral	8,37	0,60	4,96	28,12	24,55	335,14	1,07
CV (%)	19,61	20,20	19,71	14,42	8,45	7,45	0,53
Erro padrão	0,82	0,06	0,49	2,03	1,04	12,49	0,003

Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem entre si a 5% de significância pelo teste de separação de médias de Scott e Knott (1974).

Tabela 3 - Comparação das médias das características produtivas de diferentes genótipos de mandioca cultivados em Ubrajara-SP

Genótipos	Nº raiz /planta	Peso médio das raízes (Kg)	Produção (Kg/planta)	Produtividade (t/ha)	Massa seca de raiz (%)	Renda (g)	Gravidade específica
BRS CS 01	6,5 ^a	0,41b	2,55d	30,50b	40,35a	634,57a	1,14 ^a
999/12	4,22c	0,53b	2,18d	19,50c	19,65c	200,05c	1,04c
1096/12	5,35b	0,86 ^a	4,55b	40,25b	18,28c	168,97c	1,03c
1378/10	2,55d	0,47b	1,15e	10,25d	24,78b	313,55b	1,06b
392/09	4,82b	0,52b	2,40d	24,75c	26,80b	357,07b	1,08b
597/10	5,52b	0,70 ^a	3,85c	38,5b	27,75b	378,02b	1,08b
1380/10	5,22b	0,71 ^a	3,52c	31,00b	19,88c	205,15c	1,04c
706/10	6,32 ^a	0,58b	3,60c	35,00b	23,58b	288,10b	1,06b
617/8	7,05 ^a	0,94 ^a	6,58 ^a	64,25 ^a	17,55c	152,37c	1,03c
Média Geral	5,28	0,64	3,38	32,67	24,29	299,76	1,06
CV	17,52	25,76	23,34	17,36	10,84	19,49	1,22
Erro padrão	0,46	0,08	0,39	2,84	1,32	29,21	0,006

Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem entre si a 5% de significância pelo teste de separação de médias de Scott e Knott (1974).

No cultivo em São Manuel todos os clones tiveram elevadas produtividades (19,05 a 45,87 t/ha), de 2,38 a 5,73 vezes maiores que a da cultivar BRS CS 01 (8 t/ha), com destaque para os clones 1380/10 e 706/10. Em Ubrajara, as produtividades variaram de 19,5 a 64,25 (t/ha), com o clone 617/8 se diferenciando-se estatisticamente pela maior produtividade, também superando a observada para a 'BRS CS 01' (30,5 t/ha). Portanto, os clones de mandioca tiveram condições ambientais de expressar a capacidade produtiva nas duas áreas estudadas.

Alguns estudos mostram diferentes produtividades para mandiocas de mesa, de indústria e mandiocas açúcaradas. Mezette *et al.* (2009) em estudo com clones-

elite de mandioca de mesa do Programa de Melhoramento de Mandioca do Instituto Agrônomo (IAC) observaram produtividade média para a cultivar IAC 576-70 de 27,52 (t/ha) e uma variação entre os doze clones estudados de 15,32 a 28,47 (t/ha), colhidos aos 254 dias após o plantio em Engenheiro Coelho - SP.

Vieira *et al.* (2015) estudando as características de produtividade de genótipos de mandioca para indústria oriundos do Banco Regional de Germoplasma do Cerrado (BGM-C) da Embrapa, cultivados de novembro a maio de 2010-2012 (1ª safra) e novembro a maio de 2011-2013 (2ª safra), observaram produtividades variando de 23,19 a 56,25 (t/ha) (1ª safra) e 25,93 a 39,64 (t/ha) (2ª safra), o que enfatiza as diferenças entre genótipos e destaca o potencial produtivo dos clones desse estudo.

Vieira *et al.* (2023) estudando diferentes genótipos de mandioca cultivados durante quatro ciclos de crescimento reportaram rendimento de raízes para mandiocas açúcaradas variando de 30,30 a 99,29 t/ha com colheitas aos 17 meses após o plantio em Planaltina-DF. A cultivar BRS 438 teve as maiores produtividades em raízes, com os clones de mandioca açúcarada com produções variadas (média de 37,66 t/ha). Apesar do menor tempo de cultivo e das condições edafoclimáticas e de manejo cultural distintas dos estudos, é possível inferir que os clones açúcarados desse estudo mostram potenciais produtivos próximos aos reportados pelos autores, contudo, inferiores ao da cultivar padrão BRS 438.

Os resultados da massa seca (MS) nas raízes tuberosas mostraram que a cultivar BRS SC 01 teve elevadas porcentagens (42,1% e 40,35%) nos cultivos em São Manuel-SP e Ubirajara – SP, respectivamente. Essa cultivar foi lançada no ano de 2016 pela Embrapa como uma mandioca de indústria para cultivo nos estados do Mato Grosso do Sul e Paraná, e apresentou 40,4% e 36,6% de MS em primeiro e segundo ciclos, respectivamente (EMBRAPA, 2016), teores próximos aos obtidos nesse estudo.

Uma característica diferencial dos clones de mandioca avaliados nesse estudo foi a grande variação nos teores de matéria seca 18,4 a 30,5% de MS nas raízes tuberosas no cultivo em São Manuel e 17,55 a 27,75% no cultivo em Ubirajara, com maiores porcentagens de MS para o clone 597/10 nas duas áreas, indicando uma maior capacidade desse genótipo em alocar assimilados nas raízes

tuberosas comparado aos demais. Observações visuais no campo experimental mostraram que os clones com menores teores de matéria seca apresentaram desenvolvimento vegetativo vigoroso o que pode ter conduzido uma maior quantidade de carboidratos, primeiramente para parte aérea e deixando uma proporção relativamente pequena para as raízes de armazenamento, conforme também reportado por Sagrilo *et al.* (2008) em estudo com diferentes cultivares de mandioca.

Alguns estudos com diferentes materiais genéticos de mandioca cultivados no estado de São Paulo apontam diferenças importantes para os teores de matéria seca. No estudo de Mezette *et al.* (2009) a cultivar IAC 576-70, principal cultivar para o mercado de mesa no Estado de São Paulo, apresentou 43,58% de matéria seca nas raízes. Silva *et al.* (2023) observaram variações de 34,0 a 43,5% nos teores de matéria seca para IAC 14 e IAC 90, importantes cultivares destinados para a industrialização, com colheitas dos 5 aos 21 meses após o plantio.

A significativa diferença nos teores de matéria seca entre raízes de mandioca também foi reportada por Fernandes *et al.* (2021), os quais em estudo com raízes da cultivar de mandioca para indústria IAC 12-829 e o clone de mandioca açucarada 617/08 obtiveram teores de massa seca nas raízes tuberosas de 39,40% e 19,81%, respectivamente. O valor observado pelos autores para o clone 617/08 foi superior aos teores observados nesse estudo para o mesmo genótipo nas duas áreas de cultivo, o que pode ser devido ao maior tempo de cultivo (16 meses após o plantio) e as condições edafoclimáticas.

Mesmo para uma mesma cultivar, medidas como produção de raízes, matéria seca e teor de amido podem diferir se as plantas forem cultivadas em diferentes áreas, com diferentes pluviosidades, entre outros. Isto significa que devem ser identificados cultivares adequados e áreas de plantio correspondentes que possam proporcionar rendimentos de alta qualidade (Maraphumet *al.*, 2021).

A renda e a gravidade específica são medidas muito utilizadas pelas indústrias de mandioca para estimar a matéria seca e o teor de amidos nas raízes (Grossman; Freitas, 1950; Conceição, 1981; Kawano *et al.* 1987; Maeda; Dip, 2000; Cereda; Vilpoux, 2003).

Nos dois experimentos a mandioca 'BRS CS 01' teve a maior renda e gravidade específica (GE), com variações nesses dois parâmetros entre os clones. No cultivo em São Manuel a renda dos clones variou 201,25 a 386,00 g e a GE variou de 1,04 a 1,08, com 597/10 e 617/8 apresentando a maior e menor GE, respectivamente. Em Ubirajara, a renda variou de 152,37 a 378,02 e a variação da gravidade específica foi de 1,03 a 1,08, com o clone 597/10, juntamente com 392/10, 706/10 e 1378/10, mostrando as maiores GE.

Teye *et al.* (2011) avaliando 11 genótipos de mandioca cultivados em Cape Coast, Ghana, observaram valores de gravidade específica superiores a 1,0 com variação de 1,0966 a 1,1469, valores mínimos próximos aos observados para os clones desse estudo e o máximo ao da 'BRS CS 01'.

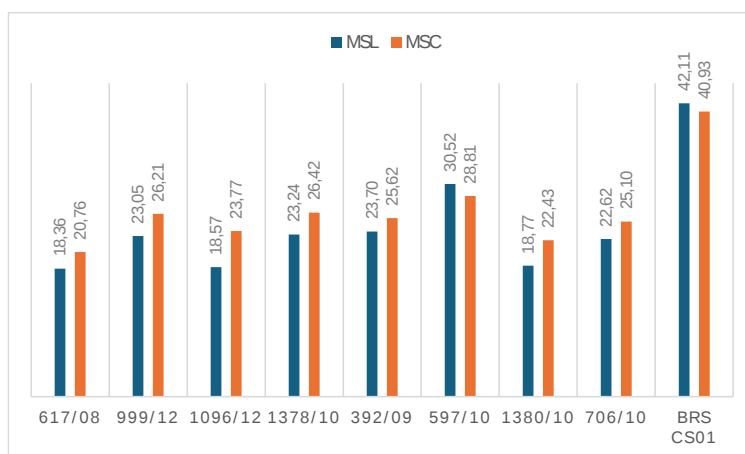
Maraphum *et al.* (2021) em estudo com quatro cultivares de mandioca utilizando o método da balança hidrostática para a estimativa do teor de matéria seca e amido observaram correlação positiva da gravidade específica e os teores de matéria seca e amido, com variações da GE de 1,11 a 1,19, matéria seca de 31,49 a 51,62% e amido de 26,68 a 44,99%. Os autores propõem a equação para estimativa da matéria seca:

$$(MS=192,89GE-180,22)$$

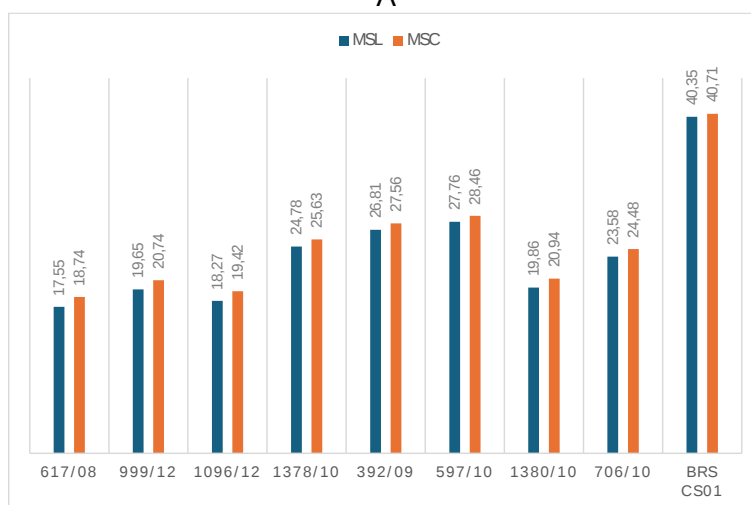
Utilizando essa fórmula foi possível verificar que os teores de matéria seca calculados foram próximos aos obtidos no laboratório, com tendência a superestimar (Figura 3).

Silva *et al.* (2023) utilizando esta mesma metodologia para a determinação da gravidade específica em nove genótipos de mandioca cultivados em São Pedro do Turvo - SP e Paraguassu Paulista - SP, observaram influência dos genótipos e tempo de colheita, com GE variando de 1,104 a 1,165. Os autores observaram para 'BRS CS 01' variações de gravidade específica médias das duas áreas de 1,109 (5 meses após o plantio) a 1,141 (21 MAP) e reportaram superestimação ou subestimação da matéria seca e teor de amido pelo método da gravidade específica quando usada a equação baseada em dados agrupados de todos os genótipos, indicando que o uso de equações específicas para cada genótipo é o mais adequado.

Figura 3 - Teores de massa seca nas raízes (%) dos diferentes genótipos de mandioca determinados em laboratório (MSL) e calculados pela equação de Maraphum *et al.* (2021) (MSC) em São Manuel (A) e Ubirajara (B)



A

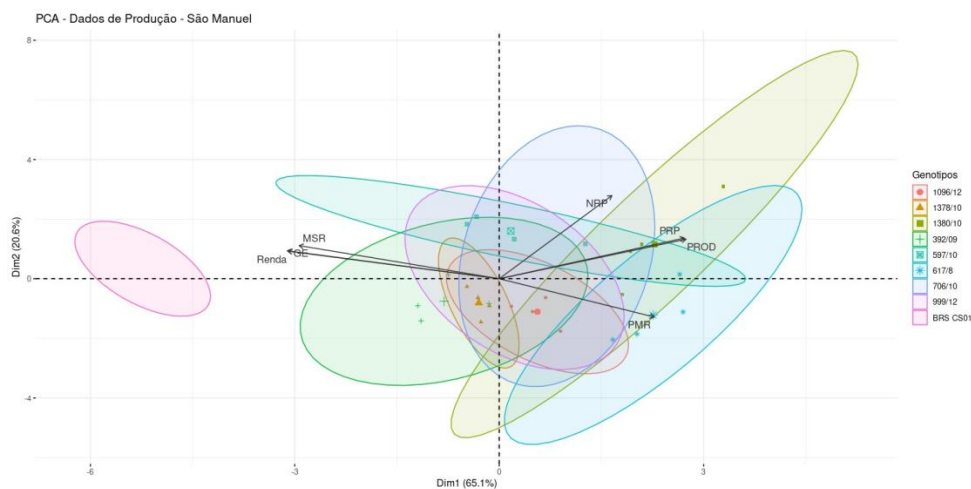


B

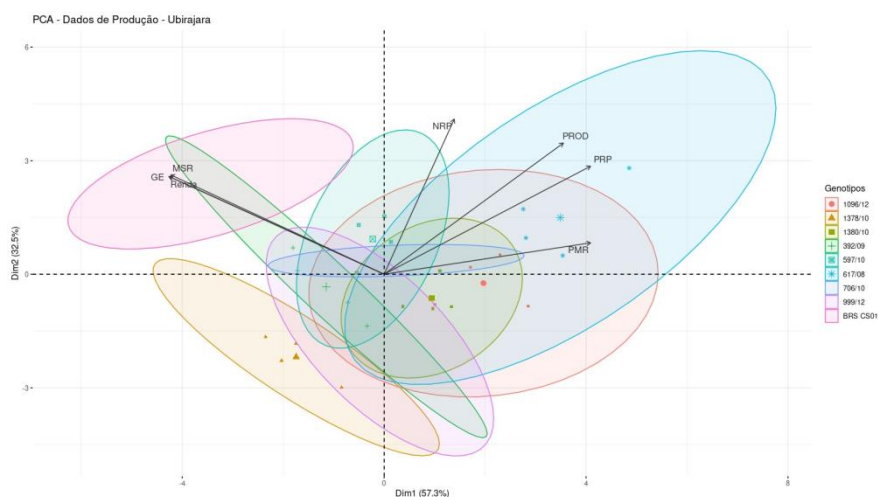
4.1.1 Análise de componentes principais para parâmetros produtivos

A análise de componentes principais foi utilizada para visualizar as variações nas características produtivas dos genótipos de mandioca nas duas áreas de cultivo. Nos gráficos de PCA, os parâmetros que se aproximam uns dos outros em pares ou grupos estão positivamente correlacionados, enquanto os que se encontram em direções opostas estão negativamente correlacionados, e os que se encontram em direções ortogonais são independentes uns dos outros.

Figura 4 - Gráficos de componentes principais dos parâmetros produtivos de genótipos de mandioca cultivados em São Manuel (a) e em Ubirajara (b)



A



B

Em São Manuel, os resultados mostraram que o primeiro e o segundo componentes principais, dimensão 1 e dimensão 2 (Dim 1 e Dim 2) representaram 65,1% e 20,6% da variação, respectivamente, com uma variação acumulada de 85,7% (Figura 4). Os parâmetros massa seca de raiz, gravidade específica e renda foram positivamente correlacionados e contribuíram para a diferenciação da cultivar BRS CS 01 de mandioca. Os clones 1380/10 e 617/8 foram mais adaptados às condições de cultivo com a produção de raízes/planta e produtividade contribuindo para essa diferenciação.

No cultivo em Ubirajara, a análise dos componentes principais mostrou variação acumulada de 89,8% (57,3% Dim 1 e 32,5% Dim 2). Os parâmetros massa seca nas raízes, renda e gravidade específica foram positivamente correlacionados e diferenciaram a cultivar BRS CS 01 e o clone 392/09. O clone 617/8 destacou-se pela produtividade, peso das raízes e produção de raízes por planta.

4.2 Composição química das raízes de mandioca

A análise da composição química das raízes de mandioca mostrou variações entre os genótipos estudados nos dois locais de cultivo (Tabelas 4 e 5). A composição química de raízes de mandioca é específica não somente para a cultivar, como também depende principalmente de fatores genéticos associados (Ceni *et al.*, 2009).

A cultivar BRS CS 01 desenvolvida para a indústria teve o menor teor de umidade. Os clones de mandioca apresentaram teores elevados de umidade nas duas áreas de cultivo, com maiores níveis para os genótipos 1096/12, 1380/10 e 617/8 (São Manuel) somados ao clone 999/12 (Ubirajara); conteúdos que se aproximam do teor observado por Neves *et al.* (2013) em mandiocaba produzida no Pará (88,53%), porém são inferiores àqueles descritos por Souza *et al.* (2013) com as mandiocas açúcaradas Manicueira (90,01%), Castanhal-Iracema (91,01%) e São Francisco (92,97%) em experimento conduzido na EMBRAPA/CPATU.

Os maiores teores de água dos clones, acima de 70%, não permitem longos períodos de armazenamento, em condições de temperatura ambiente e umidade elevadas, o que deve ser considerado na pós-colheita.

O teor de cinzas é um indicativo do teor de mineral nas raízes de mandioca. Os teores de cinzas variaram de 0,02 a 0,32 g/100g no cultivo em São Manuel, com maior teor no clone 392/09 e, em Ubirajara, teores variáveis de 0,30 a 0,46 g/100g, com maior teor para a cultivar BRS CS 01 e os clones 597/10, 1378/10 e 392/09.

As raízes de mandioca apresentaram baixos teores de matéria graxa (0,10 a 0,27 g/100g em São Manuel e 0,08 a 0,41g/100g em Ubirajara), com os maiores

conteúdos para a cultivar BRS CS 01 e os clones não deferindo estatisticamente entre si no cultivo em São Manuel, porém com diferenças no cultivo em Ubirajara, destacando o maior teor para o genótipo 597/10.

Os teores de fibra total das raízes de mandioca variaram de 1,70 a 6,40g/100g no cultivo em São Manuel e de 2,68 a 5,95 g/100g no cultivo em Ubirajara. Expressiva variação (2,2 a 9,5 g/100g base úmida) nos teores de fibras em raízes de diferentes cultivares de mandioca de mesa foram observados por Ceni *et al.* (2009).

Menegucci *et al.* (2024) estudando a composição química de dois cultivares de mandioca para a indústria de amido IAC 90 e IAC 118-95 reportaram que os teores de fibras nas raízes das duas cultivares foram maiores no primeiro ciclo.

Tabela 4 - Comparação das médias da composição química (g/100g base úmida) de diferentes genótipos de mandioca cultivados em São Manuel-SP

Genótipos	Umidade	Cinzas	Matéria graxa	Proteína	Fibra Total	Açúcares totais	Açúcares redutores	Amido
BRS CS 01	57,90d	0,25b	0,27 ^a	0,95 ^a	4,95b	0,37d	0,20c	34,27 ^a
999/12	76,92b	0,12c	0,10b	0,62c	4,97b	3,45 ^a	2,75a	13,77d
1096/12	81,42 ^a	0,20b	0,10b	0,65c	2,60c	3,50 ^a	2,65b	11,67e
1378/10	76,75b	0,10c	0,10b	0,62c	5,25bc	3,42 ^a	2,75a	13,62d
392/09	76,30c	0,32 ^a	0,12b	0,77b	5,30b	3,05c	2,70b	14,15d
597/10	70,01b	0,25b	0,12b	0,52d	6,40 ^a	3,00c	2,75a	19,57b
1380/10	81,25 ^a	0,10c	0,10b	0,52d	2,27c	3,35b	2,70b	12,60e
706/10	77,40b	0,02c	0,10b	0,65c	2,80c	3,27b	2,77a	15,15c
617/8	82,12 ^a	0,10c	0,15b	0,50d	1,70d	3,40 ^a	2,70b	11,95e
Média geral	75,56	0,16	0,13	0,65	4,03	2,98	2,44	16,31
CV (%)	1,39	30,93	24,72	9,86	12,37	2,22	2,05	4,34
Erro Padrão	0,53	0,02	0,02	0,03	0,25	0,03	0,02	0,35

Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem entre si a 5% de significância pelo teste de separação de médias de Scott e Knott (1974).

Os genótipos estudados tiveram nos dois ensaios experimentais raízes com teores inferiores a 1% de proteína (base úmida). De acordo com Bayata (2019) em sua revisão sobre o valor nutricional da mandioca, as raízes de mandioca têm os carboidratos como maiores componentes da matéria seca, com o teor de lipídeos na faixa de 0,1 a 0,3 g/100g e proteínas situando-se entre 0,4 e 1,5 g/100 g do peso fresco.

Todos os clones de mandioca apresentaram maiores teores de açúcares totais e redutores que a cultivar amilácea BRS CS 01, o que os destaca como

materiais genéticos diferenciados. Os teores de açúcares totais variaram de 3 a 3,50 g/100g e de açúcares redutores de 2,65 a 2,77 g/100g em São Manuel. Nas raízes de mandioca cultivadas em Ubirajara foram observadas variações de 2,73 a 2,93 g/100g e 2,66 a 2,75 g/100g para açúcares totais e redutores, respectivamente.

Tabela 5 - Comparação das médias da composição química (%) de diferentes genótipos de mandioca cultivados em Ubirajara-SP

Genótipos	Umidade	Cinzas	Matéria graxa	Proteína	Fibra total	Açúcares totais	Açúcares redutores	Amido
BRS CS 01	59,65d	0,62 ^a	0,41 ^a	0,64 ^a	5,95 ^a	0,40e	0,36c	31,7a
999/12	80,35a	0,30c	0,09e	0,45b	3,57c	2,93c	2,67b	11,7e
1096/12	81,72a	0,34c	0,16d	0,48b	2,68d	2,93 ^a	2,66b	11,0e
1378/10	75,22b	0,44b	0,27c	0,59 ^a	4,52b	2,89 ^a	2,73 ^a	15,8c
392/09	73,20c	0,41b	0,10e	0,41b	4,13c	2,82c	2,73 ^a	18,9b
597/10	72,25c	0,46b	0,35b	0,49b	2,99d	2,80c	2,70 ^a	19,9b
1380/10	80,12a	0,34c	0,17d	0,42b	2,77d	2,86b	2,68b	13,4d
706/10	76,42b	0,33c	0,15d	0,52b	5,88 ^a	2,85b	2,71 ^a	13,8d
617/8	82,45a	0,33c	0,08e	0,56 ^a	2,84d	2,73d	2,75 ^a	10,2e
Média geral	75,71	0,40	0,20	0,51	3,92	2,56	2,44	16,32
CV	2,00	10,54	17,02	13,02	10,01	1,17	1,22	6,28
Erro padrão	0,76	0,02	0,02	0,03	0,20	0,01	0,02	0,51

Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem entre si a 5% de significância pelo teste de separação de médias de Scott e Knott (1974).

Carvalho *et al.* (2004) estudando vinte e sete clones com alto teor de açúcares identificados em cultivo em áreas primitivas de comunidades rurais na Amazônia observaram que a glicose foi o principal açúcar acumuladocom valores de até 22,5% na base da matéria seca e de 0,08% para a cv. IAC 12-829, uma mandioca do tipo farináceo.Os teores de sacarose variaram de 9,0% no clone CAS36.1 até 0,02% na cv. IAC 12-829.

Os açúcares redutores representaram elevada porcentagem dos açúcares totais para todos os clones de mandioca, o que concorda com os resultados obtidos por Souza *et al.* (2013). Os autores reportaram teores de 3,92 a 5,84 g/100g (b.u.) para açúcares totais e 3,71 a 4,67 g/100g (b.u.) para açúcares redutores, com estes representando de 80 a 94,6% do total de açúcares.

Convertendo os resultados observados neste estudo em porcentagem da matéria seca foi possível detectar variações próximas àquelas reportadas no estudo de Carvalho *et al.* (2004) com os níveis mais baixos de açúcares na cultivar amilácea BRS CS 01. Os teores de açúcares totais variaram de 0,88 a 19,01 % da matéria seca e de 0,99 a 16,03% em São Manuel e Ubirajara, respectivamente. Os teores de

açúcares redutores variaram de 0,47 a 15,10% e 0,89 a 15 % em São Manuel e Ubirajara, respectivamente.

Segundo Montagnac *et al.* (2009), o conteúdo de amido nas raízes de mandioca varia entre 32 e 35% da massa fresca das raízes, similares aos teores observados para a cultivar amilácea BRS CS 01 nos dois ensaios. Os clones de mandioca tiveram níveis inferiores a 20% nos dois ensaios, com destaque para os maiores níveis do genótipo 597/10 em São Manuel e, em Ubirajara, também para o clone 392/09. Nas duas áreas o clone 617/8 teve baixo teor de amido, porém não diferenciando-se estatisticamente dos clones 1096/12 e 1380/10 em São Manuel e dos clones 999/12 e 1096/12 em Ubirajara.

O que caracteriza as raízes de mandioca de genótipos classificados como açucarados encontrados na Amazônia é o alto teor de açúcar livre, juntamente com baixos teores de amido e matéria seca (Carvalho *et al.*, 2004).

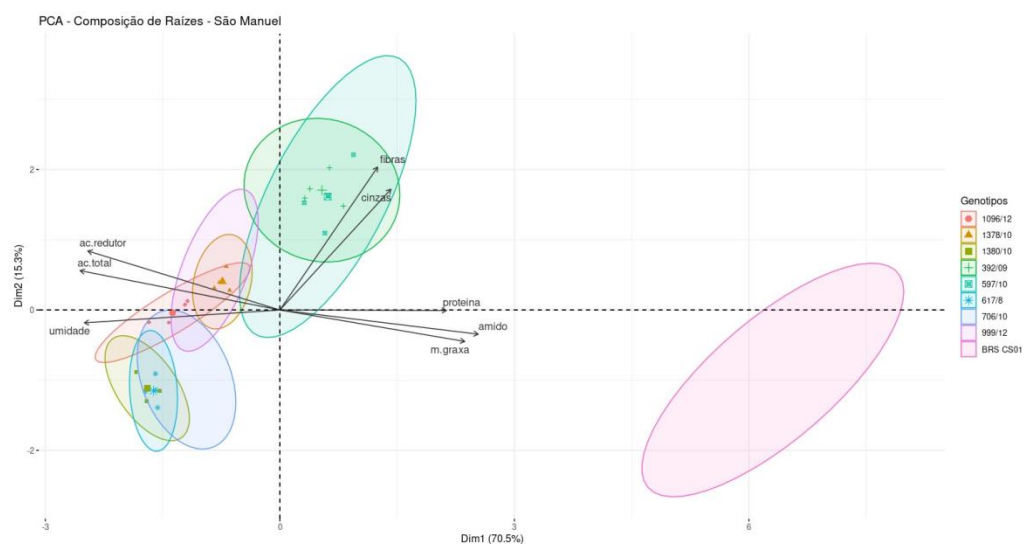
4.2.1 Análise de componentes principais para composição das raízes

O resultado da análise de componentes principais da composição química das raízes de mandioca cultivadas em São Manuel mostrou variação acumulada de 85,8%, com a dimensão 1 explicando 70,5% e a dimensão 2 15,3%. Os parâmetros que contribuíram para a total separação da cultivar BRS CS 01 foram amido, proteína e matéria graxa, os quais foram positivamente correlacionados. O teor de umidade contribuiu para a diferenciação dos clones 1380/10, 617/8 e 706/10. Os clones 392/10 e 597/10 diferenciaram-se pelos teores de cinzas e fibras, parâmetros positivamente correlacionados. Os clones 1378/10, 999/12 e 1096/12 diferiram dos demais genótipos pelos maiores níveis de açúcares.

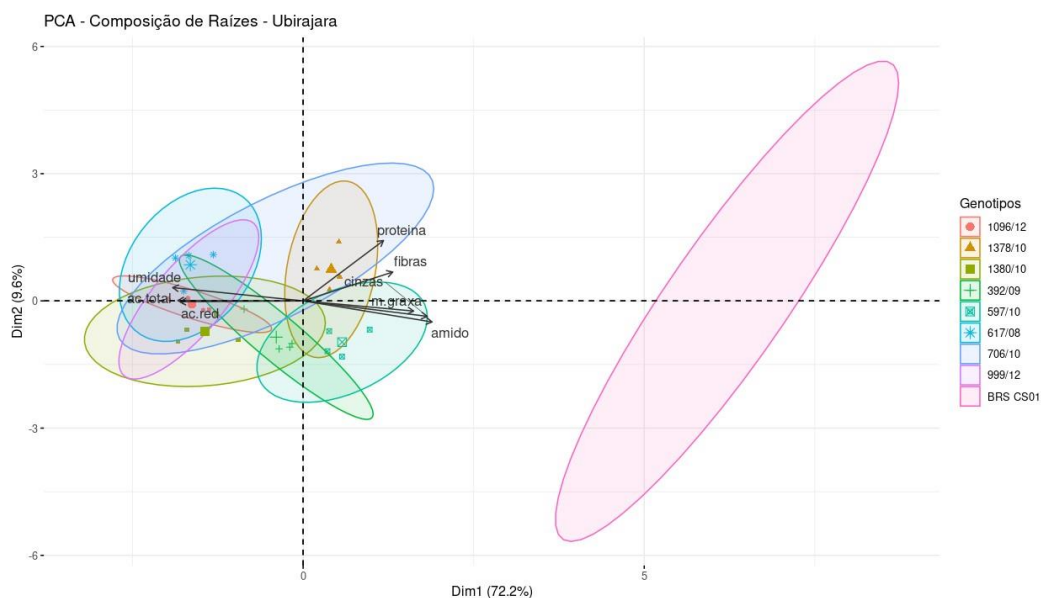
A análise de PCA dos genótipos cultivados em Ubirajara mostrou variação acumulada de 81,8% (Dim 1, 72,2% e Dim 2, 9,6%). A cultivar BRS CS 01 diferiu substancialmente em relação à composição das raízes dos clones, com os teores de amido e matéria graxa como os fatores que mais contribuíram para essa diferenciação. Foi também possível verificar que esses mesmos parâmetros contribuíram para a diferenciação do clone 597/10. Os clones 999/12, 617/8 e

1380/10 se assemelharam e os parâmetros que contribuíram para essa similaridade foram os teores de umidade e açúcares.

Figura 5 - Gráficos de componentes principais dos parâmetros produtivos de genótipos de mandioca cultivados em São Manuel (a) e em Ubirajara (b)



A



B

4.3 Análises dos amidos

Os resultados obtidos nas análises dos amidos nas duas áreas de cultivo (Tabelas 6 e 7) mostraram influência dos genótipos estudados sobre as características físico-químicas.

Tabela 6 - Características físico-químicas dos amidos isolados dos genótipos de mandioca cultivados em São Manuel-SP

Genótipos	Umidade	Cinzas	Amido	Amilose	Amido resistente	Poder de Inchamento	Solubilidade
BRS CS 01	9,01b	0,098 ^a	86,48 ^a	21,87 ^a	5,20 ^a	30,81b	20,92 ^a
999/12	9,90a	0,096 ^a	85,60b	20,82c	4,75b	26,52d	16,30b
1096/12	10,10a	0,090 ^a	85,40b	20,26c	4,98b	31,07b	12,84c
1378/10	9,89a	0,10 ^a	85,61b	21,28b	5,13 ^a	29,07c	15,93b
392/09	9,22b	0,082 ^a	86,98 ^a	22,02 ^a	5,39 ^a	26,57d	19,33 ^a
597/10	9,76a	0,080 ^a	85,73b	21,93 ^a	5,18 ^a	26,33d	20,76 ^a
1380/10	9,20b	0,091 ^a	86,30 ^a	21,45b	5,26 ^a	30,45b	20,78 ^a
706/10	9,68a	0,090 ^a	85,82b	20,74c	4,75b	32,67 ^a	20,68 ^a
617/8	9,86a	0,099 ^a	85,64b	20,54c	5,05 ^a	35,57 ^a	22,12 ^a
Média geral	9,62	0,092	85,87	21,21	5,08	29,68	18,85
CV(%)	4,98	11,68	0,56	1,66	5,33	3,49	5,24
Erro padrão	0,24	0,005	0,24	0,18	0,14	0,52	0,49

Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem entre si a 5% de significância pelo teste de separação de médias de Scott e Knott (1974).

Tabela 7 - Características físico-químicas dos amidos isolados dos genótipos de mandioca cultivados em Ubirajara-SP

Genótipos	Umidade	Cinzas	Amido	Amilose	Amido resistente	Poder de Inchamento	Solubilidade
BRS CS 01	7,13c	0,04d	89,37b	20,70 ^a	4,81 ^a	30,15b	21,48b
999/12	6,83c	0,08c	89,67b	20,54 ^a	4,87 ^a	26,12d	14,35e
1096/12	6,66c	0,09b	89,84b	21,10 ^a	5,42 ^a	28,89c	11,77f
1378/10	7,71b	0,04d	88,79c	21,75 ^a	4,97 ^a	28,60c	15,54d
392/09	8,47a	0,09c	88,03d	21,26 ^a	5,14 ^a	28,87c	23,51 ^a
597/10	6,08d	0,10b	90,42 ^a	21,08 ^a	4,92 ^a	23,40e	19,93c
1380/10	7,56b	0,18 ^a	88,94c	21,57 ^a	4,90 ^a	30,18b	20,93b
706/10	8,18a	0,08c	88,32d	20,39 ^a	5,14 ^a	31,54 ^a	22,78a
617/8	7,38b	0,09b	89,12c	20,36 ^a	5,11 ^a	31,65 ^a	23,80a
Média geral	7,33	0,09	89,17	20,97	5,03	28,82	19,34
CV(%)	4,12	10,48	0,34	4,58	6,42	3,45	3,72
Erro padrão	0,15	0,004	0,15	0,48	0,16	0,50	0,36

Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem entre si a 5% de significância pelo teste de separação de médias de Scott e Knott (1974).

A fonte botânica e o método de extração estão entre os fatores determinantes da composição química de amidos. No Brasil a resolução RDC nº263 (BRASIL, 2005) estabelece umidade máxima de 18% (m/m), teor mínimo de amido de 80% (m/m) e resíduo mineral fixo em 0,50 % (m/m). Assim, foi possível constatar que os amidos estão em acordo com a resolução. Zhu (2015) em revisão sobre amido de mandioca cita grande variação na composição química desse amido, com variações de 0,03-0,29 % para o teor de cinzas.

Estruturalmente o amido é composto pelos polímeros amilose e amilopectina. As características intrínsecas desses polímeros estão diretamente ligadas com as funcionalidades dos amidos como estabilizante, gelificante ou espessante (Huanget *al.*, 2015). Os resultados obtidos mostraram variações nos teores de amilose dos amidos de mandioca de 20,26 a 22,02% nos amidos isolados das plantas cultivadas em São Manuel, com destaque para os maiores níveis nos amidos dos genótipos 392/09 e 597/10. Os amidos isolados das plantas cultivadas em Ubirajara não diferiram entre si para os teores de amilose com média de 20,97%.

Sánchez *et al.* (2009) ao estudar uma coleção de 4050 genótipos de mandioca encontrou teores de amilose que variaram de 15,2 a 25,5 %, o que mostra que os amidos desse estudo se encontram mais próximos dos valores superiores reportados pelos autores.

Alguns estudos apontam para a interferência do tempo de colheita sobre o teor de amilose em amidos de mandioca. Liu *et al.* (2018) reportaram teores de 18,53% e 21,78% em colheitas aos 10 e 11 meses respectivamente. Já no estudo de Fernandes *et al.* (2019) com o cultivo da mandioca IAC 14 em São Manuel-SP, os autores reportaram variações de 19,1 a 25,9% de amilose, com decréscimo linear dos 3 meses após o plantio até os 11 MAP. Os autores justificam que a diminuição do teor de amilose com as fases de desenvolvimento da planta de mandioca pode estar relacionada com uma maior atividade das enzimas de ramificação, justificando um maior teor de amilopectina no final do processo de tuberização.

O amido resistente foi definido como a fração do amido total que resiste à digestão no intestino delgado de indivíduos saudáveis (Englyst *et al.*, 1992).

Os resultados obtidos mostraram que os amidos isolados das plantas de São Manuel diferiram para o teor de amido resistente, o mesmo não ocorrendo para os amidos isolados das plantas de Ubirajara-SP. Os resultados obtidos nesse estudo se aproximaram dos reportados por Fernandes *et al.* (2019) para amidos de mandioca, os quais citaram teores de 6,21 a 7,82% com decréscimo dos níveis dos 3 aos 11 meses de cultivo das plantas. A interferência do tempo de crescimento das plantas de mandioca também foi observada por Liu *et al.* (2018) que observaram que a fração rapidamente digerível do amido de mandioca aumentou de 76,2% para 80,6% à medida que o período de crescimento aumentou de 7 para 11 meses. Entretanto, o amido resistente com o aumento do tempo de crescimento de 7 para 10 meses (6,68 a 1,60%).

As interações entre as cadeias do amido nas regiões amorfa e cristalina determinam a capacidade de ligação com a água e a solubilidade do amido (Fernandes *et al.*, 2019).

O poder de inchamento e a solubilidade dos amidos de mandioca isolados das plantas cultivadas em São Manuel variaram de 26,33 a 35,57 % e 12,84 a 22,12%, respectivamente. Para os amidos isolados das plantas crescidas em Ubirajara, o poder de inchamento variou de 26,12 a 31,65% e a solubilidade de 11,77 a 23,80%. Grande diversidade para o poder de inchamento e solubilidade dos grânulos de amido em uma ampla faixa de temperatura (30-95 °C) foi reportada por Zhu (2015) em sua revisão sobre amido de mandioca, enfatizando a influência do genótipo, idade da planta e temperatura da análise. Charles *et al.* (2005) e Zhao *et al.* (2011) reportaram valores próximos aos observados nesse estudo em análise a 90°C, com o poder de inchamento variando de 27,2 a 54,7% e a solubilidade de 8 a 24,1%.

5 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos mostraram que a cultivar amilácea BRS CS 01 diferenciou-se dos clones açucarados e que nas duas áreas de cultivo os parâmetros massa seca de raiz, gravidade específica e renda foram positivamente correlacionados e contribuíram para essa diferenciação. O clone 617/8 destacou-se pela produção de raízes/planta e produtividade, o que contribuiu para sua diferenciação quanto aos aspectos produtivos. A cultivar BRS CS 01 diferenciou-se estatisticamente dos genótipos açucarados pelos maiores teores de amido, proteína e matéria graxa. Os clones diferiram principalmente pelos maiores teores de umidade (> 70%) e açúcares totais, com os maiores níveis observados para os clones 1378/10, 999/12 e 1096/12. Os amidos dos clones 706/10 e 617/8 diferenciaram dos demais genótipos estudados pelo maior poder de inchamento e solubilidade. Estes resultados contribuem para a diversificação genotípica da mandioca e para os avanços na seleção de genótipos de mandioca açucarada para as diferentes regiões produtoras, bem como para a introdução da mandioca açucarada como matéria-prima industrial.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, R. O.; *et al.* Optimization of the alcoholic concentration obtained from sugary cassava (*Manihot esculenta* Crantz) by response surface methodology. **Embrapa Amazônia Oriental-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2020.
- AJAYI, C. O.; OLUTUMISE, A. I. Determinants of food security and technical efficiency of cassava farmers in ondo state, Nigeria. **International Food and Agribusiness Management Review**, v. 21, n. 7, p. 915-928, 2018.
- AKPA, J. G.; DAGDE, K. K. Modification of cassava starch for industrial uses. **International Journal of Engineering and Technology**, v. 2, n. 6, p. 913-919, 2012.
- ALAY, S. C. A.; MEIRELES, M. A. A. Propriedades físico-químicas, modificações e aplicações de amidos de diferentes fontes botânicas. **Ciência Alimentar Tecnol.** (Campinas) 2015. 35 , 215-236.
- ALBUQUERQUE, T. T. O. *et al.* Composição centesimal da raiz de 10 variedades de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) cultivadas em Minas Gerais. **Revista Brasileira de Mandioca**. v. 12, n. 1/2, p. 7-12, 1993.
- ALVES, J. M. A. *et al.* Avaliação de dois clones de mandioca em duas épocas de colheita. Universidade Federal de Roraima, Boa Vista-RR. **Revista Agroambiental on line**, v.2, n.2, p.15-24, jul/dez 2008.
- ALVES, R. N. B.; MODESTOJUNIOR, M. S. **Mandioca: agregação de valor e rentabilidade de negócios**. 1 ed. Belém: Embrapa Amazônia Oriental Livro técnico (INFOTECA-E), 2019. p.228.
- AOAC-ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of Association of Official Analytical Chemists International**. 19. ed. Gaithersburg, 2012.
- ARAÚJO, F.; CUNHA, R. L.; CUNHA, E. F. M. Concentração de carboidratos e umidade em raízes de mandioca açucarada (*Manihot esculenta* Crantz) Pará. In: Embrapa Amazônia Oriental-Artigo em anais de congresso. Belém, PA. **Anais**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2013.
- ASAOKA, M.; BLANSHARD, J. M. V.; RICKARD, J. E. The effect of preharvest pruning on the quality of cassava starch. **Annals of Applied Biology**. 1993. 122, 337– 344.
- BAYATA, A. Review on nutritional value of cassava for use as a staple food. **Science Journal of Analytical Chemistry**. 2019; 7:83-91. Disponível em: <<https://doi.org/10.11648/j.sjac.20190704.12>>. Acesso em: 10 abril 2024.
- BORGES, M. de F.; FUKUDA, W. M.; ROSSETI, A. G. Avaliação de variedades de mandioca para consumo humano. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília v. 37, n. 11, p. 1559-1565, 2002.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Agropecuária brasileira em números**. Secretaria de Política Agrícola. Brasília: MAPA, 2024. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/politica-agricola/todas-publicacoes-de-politica-agricola/agropecuaria-brasileira-em-numeros/abn-2024-04.pdf/view>>. Acesso em: Abril 2024

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **Resolução RDC n. 263, de 22 de setembro de 2005**. Aprova o regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos. Disponível em: <www.e-legis.anvisa.gov.br>. Acesso em: 09 maio 2024.

BULÉON, A.; COLONNA, P.; PLANCHOT, V.; BALL, S. Starch granules: structure and biosynthesis. **International Journal of Biological Macromolecules**. 1998.23(2), pp.85-112.

CARVALHO, L. J. C. B. *et al.* Identification and characterization of a novel cassava (*Manihot esculenta* Crantz) clone with high free sugar content and novel starch. **Plant Molecular Biology**, v. 56, n. 4, p. 643-659, 2004.

CARVALHO, P. C. L.; FUKUDA, W. M. G.; EMBRAPA MANDIOCA E FRUTICULTURA TROPICAL. Estrutura da planta e morfologia. **Aspectos socioeconômicos e agrônômicos da mandioca**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, p. 126-137, 2006.

CEBALLOS, H.; SÁNCHEZ, T.; MORANTE, N.; FREGENE, M.; DUFOUR, D.; SMITH, A. M. Discovery of amylose-free starch mutante in cassava (*Manihot esculenta* Crantz). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 2007. 55, 7469–7476.

CENI, G. C.; *et al.* Avaliação de componentes nutricionais de cultivares de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 20, n. 1, p. 107-111, 2009.

CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA (CEPEA). Mandioca/cepea: em meio à pandemia, indústria de fécula e derivados diversifica produção e eleva oferta. Piracicaba: **CEPEA**, 2021. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/releases/mandioca-cepea-em-meio-a-pandemia-industria-de-fecula-e-derivados-diversifica-producao-e-eleva-oferta.aspx>. Acesso em: 05 out. 2021.

CEREDA, M. P.; VILPOUX, O. F. Farinhas e derivados. In: CEREDA, M.P.; VILPOUX, O.F. **Tecnologia, usos e potencialidades de tuberosas amiláceas Latino Americanas**. São Paulo, Fundação Cargill, v.3, cap.21, p.621-6642, 2003.

CHARLES, A. L.; CHANG, Y. H.; KO, W. C.; SRIROTH, K.; HUANG, T. C. Influence of amylopectin structure and amylose content on the gelling properties of five cultivars of cassava starches. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.53, p. 2717–2725, 2005.

CHIBUOGWU, C.; *et al.* Application of starch and starch derivatives in pharmaceutical formulation. **Chemical properties of starch**, p. 1-0, 2020.

CIP – CENTRO INTERNACIONAL DE LA PAPA. **Fact sand figures about sweet potato**. Lima: CIP, 2010. Disponível em: <<https://cipotato.org/crops/sweetpotato/sweetpotato-cont/>>. Acesso em: dez. 2021.

CLASEN, S. H.; MÜLLER, C. M. O.; PARIZE, A. L.; PIRES, A. T. M. Synthesis and characterization of cassava starch with maleicacidderivativesbye the rification reaction, Carbohydr. **Polym.** 180, 348–353. 2018.

Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB. **Mandioca: Análise mensal** – setembro de 2022. Brasília, DF: Conab, 2022. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 29 out. 2024.

CONCEIÇÃO, A. J. **A mandioca**. São Paulo: Nobel, 1981.

DEFLOOR, I.; DEHING, I.; DELCOUR, J. A. Physico-chemical properties of cassava starch. **Starch–Stärke**. 50, 58–64, 1998.

EL-SHARKAWY, M. A. Physiological characteristics of cassava tolerance to prolonged drought in the tropics: implications for breeding cultivars adapted to seasonally dry and semiarid environments. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 19, p. 257-286, 2007.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **A importância da mandiocultura para a geração de renda e emprego no Brasil**. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br>>. Acesso em: 29 out. 2023.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Cientistas desenvolvem mandioca para a indústria com 51% a mais de amido**. 2020. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/49747256/cientistasdesenvolvem-mandioca-para-a-industria-com-51-a-mais-de-amido>>. Acesso em: mar. 2024.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Nova cultivar de mandioca para os estados do Paraná e Mato Grosso do Sul**. 2016. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/145715/1/foldermandioca-BRSCS01-atual-22-07-2016.pdf>>. Acesso em: mar. 2024.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2006. 306p.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistemas de produção de mandioca**. 2011. Disponível em: <<http://sistemasdeprodução.cnptia.embrapa.br/#mandioca>>. Acesso em: 20 dez. 2021.

ENGLYST, H. N.; KINGMAN, S. M.; CUMMINGS, J. H. Classification and measurement of nutritionally important starch fractions. **European Journal of Clinical Nutrition**, v. 46, S33–S50, 1992.

FAO. Food and Agriculture Organization. **Agricultural production - Crops primary**. 2020. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>>. Acesso em: 20 jan. 2021.

- FAO. **Cassava. Statistics Division**, 2020. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>. Acesso em: 30 set. 2021.
- FASINMIRIN, J. T.; REICHERT, J. M. Conservation tillage for cassava (*Manihot esculenta* Crantz) production in the tropics. **Soiland Tillage Research**, v. 113, n.1, p. 1-10, 2011.
- FERNANDES, D.S.; SANTOS, T. P. R.; FERNANDES, A. M.; LEONEL, M. Harvest time optimization leads to the production of native cassava starches with different properties. **International Journal of Biological Macromolecules**, v.132, p.710 - 721, 2019.
- FERNANDES, F. D.; *et al.* Valor nutritivo e características fermentativas da silagem de capim-elefante com diferentes proporções de raízes de mandioca. **Científica**, v. 49, n. 2, p. 92-101, 2021.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: um sistema computacional de análise estatística. **Ciência e agrotecnologia**, v. 35, p. 1039-1042, 2011.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). FAOSTAT 2019. **Production crops**. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#home/>. Acesso em: 20 nov. 2021.
- GOÑI, I.; *et al.* Analysis of resistant starch: a method for foods and food products. **Food Chemistry**, v.56, p.445-449, 1996.
- GROSSMANN, J.; FREITAS, A. C. Determinação do teor de matéria seca pelo peso específico em raízes de mandioca. **Revista Ciência Agronômica**, v. 160/162, n. 04, p. 75-80, 1950.
- GU, B.; *et al.* Change in physicochemical traits of cassava roots and starches associated with genotypes and environmental factors. **Starch-Stärke**, v. 65, n. 3-4, p. 253-263, 2013.
- HOWELER, R. Does cassava production degrade or improve the soil. In: HOWELER, R. **Sustainable soil and crop management of cassava in Asia**. Cali: CIAT, 2014.
- HUANG, J.; SHANG, Z.; MAN, J.; LIU, Q.; ZHU, C.; WEI, C. Comparison of molecular structures and functional properties of high-amylose starches from rice transgenic line and commercial maize. **Food Hydrocolloids**, v. 46, p. 172-179, 2015.
- IBGE. Produção agrícola: mandioca no Brasil. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 29 out. 2023.
- IBGE. Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA: levantamento sistemático da produção agrícola. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/1612>. Acesso em: 20 mar. 2024.

JUSZCZAK, L.; FORTUNA, T.; KROK, F. Non-contact atomic force microscopy of starch granules surface. Part I. Potato and tapioca starches. **Starch–Stärke**, 55, 1–7. 2003.

KAWANO, K.; FUKUDA, W. M. G.; CENPUKDEE, U. Genetic and environmental effects on dry matter content of cassava root. **Crop Science**, v. 27, n. 1, p. 69-74, 1987.

KOLAWOLE, P. O.; AGBETONY, L.; OGUNLOWO, S. A. Sustaining world food security with improved cassava processing technology: The Nigeria experience. **Sustainability**, v. 2, n. 12, p. 3681-3694, 2010.

LATIF, S.; MÜLLER, J. Potential of cassava leaves in human nutrition: A review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 44, p. 147-158, 2015.

LEONEL, M.; FREITAS, T. S.; MISCHAN, M. M. Physical characteristics of extruded cassava starch. **Scientia Agricola**, v. 66, n. 4, p. 486-493, 2009.

LIU, K.; ZU, Y.; CHI, C.; GU, B.; CHEN, L.; LI, X. Modulation of the digestibility and multiscale structure of cassava starch by controlling the cassava growth period, **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 120, p. 346–353, 2018.

LUCHESI, C. L.; RODRIGUES, R. B.; TESSARO, I. C. Cassava starch-processing residue utilization for packaging development. **International journal of biological macromolecules**, v. 183, p. 2238-2247, 2021.

MAEDA, M.; DIP, T. M. Curvas de porcentagem mássica de água versus peso específico em vegetais in natura-otimização de processos industriais pela seleção via teste da matéria-prima. **Food Science and Technology**, v. 20, p. 309-313, 2000.

MARAPHUM, K.; *et al.* Modified specific gravity method for estimation of starch content and dry matter in cassava. **Heliyon**, v. 7, n. 7, 2021.

MENEGUCCI, N. C.; *et al.* Biomass yield and chemical composition of the cassava plant over two vegetative growth cycles. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 46, p. e63719, 2024.

MEZETTE, T. F.; *et al.* Seleção de clones-elite de mandioca de mesa visando a características agrônômicas, tecnológicas e químicas. **Bragantia**, v. 68, p. 601-609, 2009.

MONTAGNAC, J. A.; DAVIS, C. R.; TANUMIHARDJO, S. A. Nutritional value of cassava for use as a staple food and recent advances for improvement. **Comprehensive reviews in food science and food safety**, v. 8, n. 3, p. 181-194, 2009.

MOORTHY, S. N.; RAMANUJAM, T. Variation in properties of starch in cassava varieties in relation to age of the crop. **Starch–Stärke**, 38, 58–61, 1986.

MORETO, A. L.; NEUBERT, E. O. Avaliação de produtividade e cozimento de cultivares de mandioca de mesa (aipim) em diferentes épocas de colheita.

Agropecuária Catarinense, v. 27, n. 1, p. 59-65, 2014.

MOURA, E. F.; *et al.* Molecular characterization of accessions of a rare genetic resource: sugary cassava (*Manihot esculenta* Crantz) from Brazilian Amazon.

Genetic Resources and Crop Evolution, v. 63, p. 583-593, 2016.

NEVES, D. A.; *et al.* Avaliação da qualidade da mandioca no pós-colheita.

Higiene Alimentar, v. 27, n. 218/219, p. 124-129, 2013.

OLIVEIRA, M. A.; MORAES, P. S. B. Características físico-químicas, cozimento e produtividade de mandioca cultivar IAC 576-70 em diferentes épocas de colheita.

Ciência e Agrotecnologia, v.33, n.3, p.837-843, 2009.

PÉREZ, S.; BERTOFT, E. The molecular structures of starch components and their contribution to the architecture of starch granules: a comprehensive review.

Starch/Stärke, 62 (8), pp. 389-420, 2010.

PIGATTO, G. A. S.; *et al.* Comercialização de mandioca no estado de São Paulo-

Brasil: sistemas de produção e custos de transação. **Agroalimentaria**, v. 21, n. 40, p. 153-173, 2015.

RAIJ, B. V.; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2001. 284p.

ROLLAND-SABATE, A., SANCHEZ, T., BULÉON, A., COLONNA, P., JAILLAIS, B., CEBALLOS, H.; *et al.* Structural characterization of novel cassava starches with low and high-amylose contents in comparison with other commercial sources. **Food**

Hydrocolloids, 27, 161–174. 2012.

RÓS, A. B.; *et al.* Crescimento, fenologia e produtividade de cultivares de mandioca.

Pesquisa Agropecuária Tropical, v. 41, p. 552-558, 2011.

SAGRILO, E.; *et al.* Dry matter production and distribution in three cassava (*Manihot esculenta* Crantz) cultivars during the second vegetative plant cycle. **Brazilian**

Archives of Biology and Technology, v. 51, p. 1079-1087, 2008.

SALAU, A. W.; *et al.* Soil temperature and moisture content changes with growth and yield of cassava /vegetable inter crops. **Archives of Agronomy and Soil Science**, v. 61, n. 4, p. 447-460, 2015.

SÁNCHEZ, T.; *et al.* Screening of starch quality traits in cassava (*Manihot esculenta* Crantz). **Starch/ Stärke**, v. 61, n. 5, p. 310-310, 2009.

SANTISOPASRI, V.; KUROTJANAWONG, K.; CHOTINEERANAT, S.;

PIYACHOMKWAN, K.; SRIROTH, K.; OATES, C. G. Impact of water stress on yield and quality of cassava starch. **Industrial Crops and Products**, 13, 115–129, 2001.

SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, p. 507-512, 1974.

SCHOCH, T. J. Swelling power and solubility of granular starches. In: WHISTLER, R. L.; SMITH, R. J.; BEMILLER, J. N. **Methods in Carbohydrate Chemistry**. Orlando: Academic Press, 1964. p. 106-108.

SHITTU, T. A.; *et al.* Cassava flour and starch: Processing technology and utilization. **Tropical roots and tubers: Production, processing and technology**, p. 415-450, 2016.

SILVA, J. R.; DEASSUMPÇÃO, R.; VEGRO, C. L. R. A inserção da fécula de mandioca no mercado de amido. **Informações econômicas-governo do estado de São Paulo instituto de economia agrícola**, v. 30, n. 7, p. 31-44, 2000.

SILVA, R. M.; *et al.* Measurement of dry matter and starch in modern cassava genotypes during long harvest cycles. **Horticulturae**, v. 9, n. 7, p. 733, 2023.

SINGH, V.; ALI, S. Z.; SOMASHEKAR, R.; MUKHERJEE, P. S. Nature of crystallinity in native and acid-modified starches. **Int. J. Food Prop.** 2006,9,845-854.

SOUZA, H. A. L. *et al.* Physicochemical properties of three sugary cassava landraces. **Ciência Rural**, v. 43, n. 5, p. 792-796, 2013.

SOUZA, H. A. L. Produção e caracterização de xarope de mandioca açucarado. **Int. J. Food Eng.** 9: 39-44, 2013.

TEERAWANICHPAN, P.; LERTPANYASAMPATHA, M.; NETRPHAN, S.; VARAVINIT, S.; BOONSENG, O.; NARANGAJAVANA, J. Influence of cassava storage root development and environmental conditions on starch granule size distribution. **Starch–Stärke**, 60, 696–705, 2008.

TEIXEIRA, P. R. G. *et al.* Physical-chemical characteristics of sweet cassava varieties. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 12, n. 2, p. 158-165, 2017.

TEYE, E.; *et al.* Determination of dry matter content of Cassava tubers (*Manihot esculenta* Crantz) in the Coastal Savannah zone of Ghana using specific gravity method. **ARPN Journal of Agricultural and Biological Science**, v. 6, n. 11, p. 1-28, 2011.

VIEIRA, E. A.; *et al.* BRS 438: Sugary cassava cultivar for diversification of the use of storage roots. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 23, p. e46122342, 2023.

VIEIRA, E. A. *et al.* Desempenho agrônômico de acessos de mandioca de mesa em área de Cerrado no município de Unaí, região noroeste de Minas Gerais. **Científica**, v. 43, n. 4, p. 371-377, 2015.

VIEIRA, E. A.; *et al.* Divergência genética entre acessos açucarados e não açucarados de mandioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, p. 1707-1715, 2008.

VIEIRA, E. A.; *et al.* Sweet cassava cultivars with yellow or cream root pulp developed by participatory breeding. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 18, p. 450-454, 2018.

VILPOUX, O. Desempenho dos arranjos institucionais e minimização dos custos de transação: transações entre produtores e fecularias de mandioca. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 49, n. 2, p. 271.294, 2011.

WANG, D.; FAN, D.; DING, M.; *et al.* Characteristics of different types of starch in starch noodle sand their effect on eating quality. **Int. J. Food Prop.** 18:2472–2486, 2015.

WILLIAMS, P. C.; KUZINA, F. D.; HLYNKA, I. A rapid colorimetric method for estimating the amylose content of starches and flours. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v.47, n.4, 1970.

XAVIER, J. J. B. N.; DIAS, M. C.; BARRETO, J. F. Perspectivas da mandiocultura como alternativa para o desenvolvimento sustentável do Amazonas. **Embrapa Amazônia Ocidental-Comunicado Técnico** (INFOTECA-E), 1999.

ZHAO, S. S.; DUFOUR, D.; SÁNCHEZ, T.; CEBALLOS, H.; ZHANG, P. Development of waxy cassava with different biological and physico-chemical characteristics of starches for industrial applications. **Biotechnology and Bioengineering**, v.108, 1925–1935, 2011.

ZHU, F. Composition, structure, physicochemical properties, and modifications of cassava starch. **Carbohydr Polym.**122: 456–480, 2015.

ZHU, F.; WANG, S. Physicochemical properties, molecular structure, and uses of sweet potato starch. **Trends in Food Science and Technology**, 36, 68–78. 2014.