

Cruz das Almas, BA / Novembro, 2024



## Desempenho de genótipos de mandioca promissores para a indústria e caracterização do amido

Luciana Alves de Oliveira<sup>(1)</sup>, Vanderlei da Silva Santos<sup>(1)</sup>, Marco Antonio Sedrez Rangel<sup>(1)</sup>, Palmira de Jesus Neta<sup>(2)</sup>, Rudiney Ringenberg<sup>(1)</sup>, Jaciene Lopes de Jesus Assis<sup>(3)</sup> e Carlos Alberto da Silva Ledo<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup>Pesquisadores, Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA. <sup>(2)</sup>Engenheira Florestal, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), Cruz das Almas, BA. <sup>(3)</sup>Analista, Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA.

**Resumo** – A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é um cultivo importante na alimentação humana dos trópicos e fonte de renda para milhões de pessoas. O objetivo do estudo foi avaliar clones quanto ao desempenho, resistência à bacteriose, antracnose e superalongamento e caracterizar o amido de genótipos promissores para indústria, em Dourados, MS. As testemunhas ‘Baianinha’, ‘Cascuda’, ‘Fécua Branca’, ‘IAC 90’ e 13 genótipos gerados pelo programa de melhoramento da Embrapa Mandioca e Fruticultura foram cultivados em delineamento de blocos casualizados. Os genótipos IAC 90, 2010 54-02, 2010 55-01, 2010 55-02, BRS CS 01, 2010 55-09, 2010 57-21, 2010 60-57 e 2010 60-58 produziram mais raízes tuberosas, média de 34,57 t ha<sup>-1</sup>. A maior produtividade de amido (média 11,42 t ha<sup>-1</sup>) foi observada nos mesmos genótipos, além do 2010 59-27. Os genótipos não diferiram quanto ao teor de amilopectina, média de 77,90%. As variáveis, temperatura de empastamento, viscosidade de pico, viscosidade de quebra e *setback*, relacionadas ao amido, diferiram estatisticamente entre os genótipos. Considerando-se as características agrônomicas, os genótipos com potencial para recomendação são 2010 55-02, 2010 59-27 e 2010 60-27. Os genótipos 2010 55-02 e 2010 59-27 apresentaram propriedade de pasta indicada para aplicações na indústria alimentícia, como agente espessante.

**Termos para indexação:** *Manihot esculenta* Crantz; amilose; perfil de viscosidade; bacteriose; antracnose; superalongamento.

## Performance of promising cassava genotypes for industry and starch characterization

**Abstract** – Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) is an important crop for human consumption in the tropics and a source of income for millions of people. The objective of the study was to evaluate clones regarding performance, resistance to bacterial blight, anthracnose and super elongation and to characterize the starch of promising genotypes for industry, in Dourados, MS. The controls ‘Baianinha’, ‘Cascuda’, ‘Fécua Branca’, ‘IAC 90’ and 13 genotypes generated by the Embrapa Cassava and Fruticulture

### Embrapa Mandioca e Fruticultura

Rua Embrapa, s/nº,  
Caixa Postal 07, 44380-000,  
Cruz das Almas, Bahia  
www.embrapa.br/mandioca-  
e-fruticultura  
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações

Presidente

Eduardo Chumbinho de Andrade

Secretária-executiva

Maria da Conceição Pereira  
da Silva

Membros

Alecio Souza Moreira, Áurea

Fabiana Apolinário de

Albuquerque Gerum, Domingo

Haroldo Rudolfo Conrado

Reinhardt, Fabiana Fumi

Cerqueira Sasaki, Ildos Parizotto,

Marcelo do Amaral Santana,

Marilene Fancelli, Paulo Ernesto

Meissner Filho e Tatiana Góes

Junghans

Edição executiva

Eduardo Chumbinho de Andrade

Revisão de texto

Maroly Cristina Vieira

Normalização bibliográfica

Lucidalva Ribeiro Gonçalves

Pinheiro Perrone (CRB-5/1161)

Projeto gráfico

Leandro Sousa Fazio

Diagramação

Anapaula Rosário Lopes

Publicação digital: PDF (2024)

Todos os direitos reservados à Embrapa.

breeding program were cultivated in a randomized block design. The genotypes IAC 90, 2010 54-02, 2010 55-01, 2010 55-02, BRS CS 01, 2010 55-09, 2010 57-21, 2010 60-57 and 2010 60-58 produced more tuberous roots, an average of 34.57 t ha<sup>-1</sup>. The highest starch productivity (average 11.42 t ha<sup>-1</sup>) was observed in the same genotypes, in addition to 2010 59-27. The genotypes did not differ in terms of amylopectin content, an average of 77.90%. The variables pasting temperature, peak viscosity, breakdown viscosity and setback, related to starch, differed statistically between the genotypes. Considering the agronomic characteristics, the genotypes with potential for recommendation are 2010 55-02, 2010 59-27 and 2010 60-27. The 2010 55-02 and 2010 59-27 genotypes presented paste properties suitable for applications in the food industry, as a thickening agent.

**Index terms:** *Manihot esculenta* Crantz; amylose; viscosity profile; bacterial blight; anthracnose; super elongation.

## Introdução

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é uma espécie pertencente à família Euphorbiaceae, com origem na região amazônica (Ogbonna et al., 2021). Seu cultivo é de grande relevância socioeconômica, por representar a principal fonte alimentar energética para milhões de pessoas, principalmente nos continentes africano e sul-americano (Narayanan et al., 2021). É uma cultura rústica que pode ser cultivada em solos pobres, sendo tolerante à seca (Ogundele et al., 2020).

A produção mundial de mandioca foi de aproximadamente 335,5 milhões de toneladas em 2022, sendo a Nigéria a maior produtora, seguida pela República Democrática do Congo, Tailândia, Gana, Camboja e Brasil (FAO, 2024).

A comercialização da mandioca industrializada no Brasil é realizada principalmente na forma de farinha ou de amido. O amido é o principal carboidrato de armazenamento nas plantas e trata-se de um biopolímero de glicose insolúvel, possuindo duas estruturas moleculares diferentes, a amilose, basicamente linear, e a amilopectina, ramificada (Clasen et al., 2018; Tappiban et al., 2019). A proporção amilose:amilopectina é de aproximadamente 1:3 para a maioria dos grânulos de amidos nativos, as exceções são os amidos ricos em amilose ou com ≤ 5% de amilose, chamados cerosos (Majzoubi; Farahnaky, 2021). As variações podem ocorrer em função da fonte botânica, variedade de uma mesma

espécie (Sakač et al., 2020) e condições ambientais (Tappiban et al., 2020a). No Centro Internacional de Agricultura Tropical (Ciat) foi avaliado o teor de amilose de 110 genótipos pertencentes à coleção mundial de mandioca (com mais de 6.000 acessos), e o valor médio obtido foi de 19,8±1,58%, sendo identificados também os dois primeiros híbridos com elevado teor de amilose, 28,5 e 36,2% (Ceballos et al., 2008). Em 2007, Ceballos et al. (2007), obtiveram o primeiro híbrido de mandioca com 0% de amilose (100% amilopectina).

As propriedades físico-químicas do amido, que apresentam relação com a estrutura molecular, definem suas propriedades funcionais e a possibilidade de aproveitamento industrial e alimentar (Fernandes et al., 2019). As avaliações das propriedades de pasta do amido, por meio de um analisador rápido de viscosidade (RVA) ou um visco-amilógrafo Brabender, identificam a qualidade do amido e recomendam possíveis utilizações como ingrediente em alimentos e produtos industriais, por exemplo, espessante e aglutinante na indústria alimentícia (Wang et al., 2018; Fernandes et al., 2019; Tappiban et al., 2020a; Tian et al., 2022).

O RVA mimetiza o processo de cozimento quando uma suspensão aquosa de amido é submetida a um ciclo de aquecimento e resfriamento, sob cisalhamento constante, e simultaneamente mede as mudanças na viscosidade durante este ciclo (Balet et al., 2019; Liu et al., 2019). O empastamento ou formação de pasta é definido como o fenômeno de gelatinização que envolve inchamento dos grânulos de amido, lixiviação de componentes moleculares, particularmente amilose e, eventualmente, o rompimento total dos grânulos de amido (Shafie et al., 2016). A determinação das propriedades de pasta dos amidos fornece informações sobre a viscosidade do gel, a resistência ao cisalhamento e o comportamento de retrogradação (Palabiyik et al., 2017).

O mercado de amidos nativos e com propriedades diferenciadas está em ascensão e para conhecer o potencial de uso nos diversos setores industriais, é necessário o estudo das suas características tecnológicas (Fernandes et al., 2019). Entre as diferentes fontes de amido, a mandioca destaca-se pelo seu menor preço e ampla disponibilidade nas regiões de produção da raiz (Cuenca et al., 2020). Por isso, o amido de mandioca apresenta-se como uma excelente oportunidade para atender às demandas do setor alimentício e para outros usos industriais.

A produção de mandioca pode ser limitada por fatores fitossanitários, tais como, insetos-praga

e patógenos, dentre outros. A bacteriose (*Xanthomonas phaseoli* pv. *manihotis*), a antracnose (fungo *Colletotrichum gloeosporioides* f. sp. *Manihotis* Henn (Penz) Sacc) e o superalongamento (fungo *Sphaceloma manihoticola*) estão entre as doenças mais severas que atacam a parte aérea (Alleyne et al., 2015; Oliveira et al., 2020).

Essas doenças são importantes no Centro-Sul do Brasil, sendo a utilização de cultivares resistentes à principal forma de controle. A sustentabilidade da mandiocultura nessa região sofre o risco adicional da pequena quantidade de variedades na qual estão baseados os sistemas de produção. Assim, para promover maior sustentabilidade da cultura, é imprescindível avaliar e introduzir novos genótipos.

O teor de amido varia em função da variedade, das condições ambientais, do solo e da idade da planta na colheita (Guimarães et al., 2017; Fernandes et al., 2019; Williams et al., 2019). O uso de variedades melhoradas, com alto teor de amido nas raízes e alta tolerância a estresses bióticos (como insetos-praga e doenças) e abióticos pode aumentar a produtividade da cultura e apoiar o desenvolvimento econômico nas principais regiões produtoras do Brasil (Teixeira et al., 2021). Diante do exposto, o presente estudo teve como objetivo avaliar genótipos de mandioca quanto à resistência

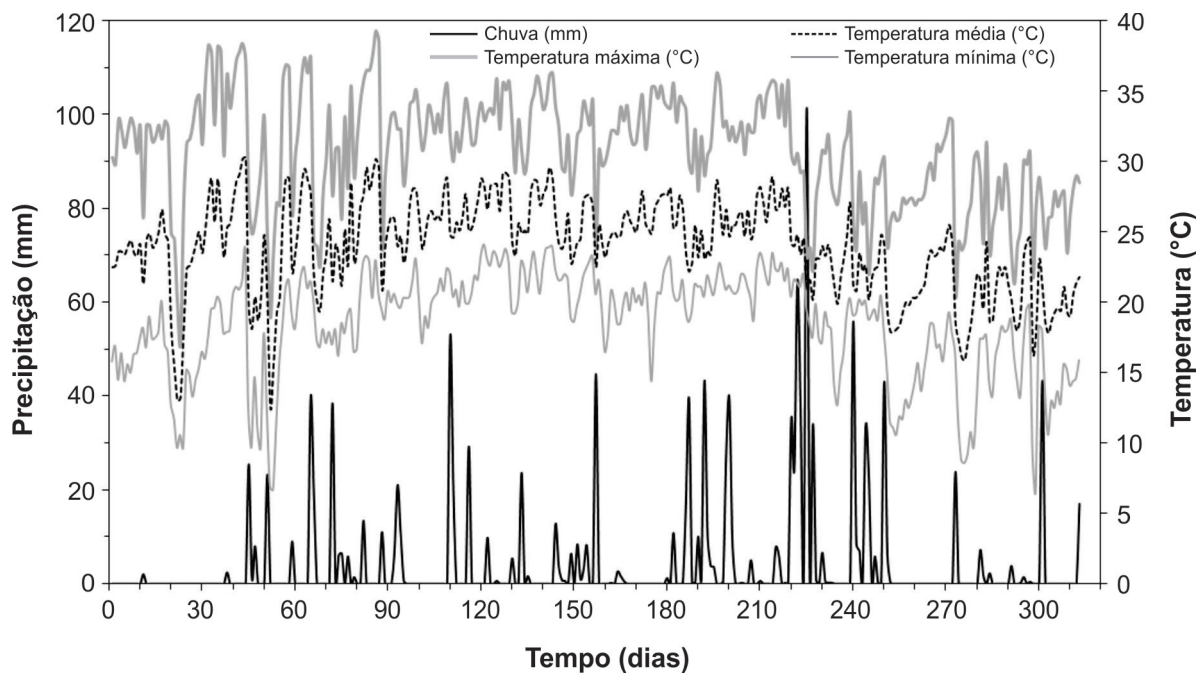
às principais doenças que acometem a cultura, produtividade e propriedades do amido.

## Material e métodos

### Genótipos avaliados e condições de cultivo

As variedades comerciais Baianinha, Cascuda, Fécula Branca, IAC 90 (testemunhas, cultivadas na região) e 13 genótipos oriundos do programa de melhoramento da Embrapa Mandioca e Fruticultura (2010 54-02, 2010 55-01, 2010 55-02, 2010 55-09, 2010 56-03, 2010 57-21, 2010 59-27, 2010 60-57, 2010 60-58, BRS Boitatá, BRS CS 01, BRS Formosa e BRS Ocaçu) foram cultivados no campo experimental da Embrapa Agropecuária Oeste, localizada em Dourados, Mato Grosso do Sul, Brasil, à altitude de 408 m, 22° 17' 08" de latitude sul e 54° 48' 22" de longitude oeste.

O plantio foi realizado em 6 de agosto de 2012, e a colheita no período compreendido entre 10 e 14 de junho de 2013. O clima característico da região, segundo Koppen, é classificado como Cfa, subtropical, com verão quente. O solo da área experimental é classificado como latossolo vermelho distroférrico típico, com textura muito argilosa (Amaral et al., 2000). As precipitações e temperaturas durante a condução do experimento estão representadas na Figura 1.



**Figura 1.** Precipitação e temperatura máxima, mínima e média em Dourados, Mato Grosso do Sul, durante a condução do experimento (6 de agosto de 2012 a 14 de junho de 2013).

No plantio, realizado manualmente, utilizaram-se manivas-semente de cerca de 20 cm de comprimento. Os tratos culturais constaram de capinas realizadas de modo a manter as plantas de mandioca livres da concorrência de plantas invasoras nos três primeiros meses após o plantio.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com 17 genótipos (4 variedades testemunhas e 13 genótipos melhorados), com duas repetições. Cada parcela constituiu-se de quatro fileiras de cinco plantas, espaçadas em 0,9 m entre linhas e 0,8 m entre plantas. Todas as 20 plantas foram colhidas, isto é, consideradas como parcela útil.

### Avaliações de campo

Durante o ciclo da cultura foram realizadas avaliações de reação das plantas à bacteriose (*Xanthomonas axonopodis* pv. *manihotis*), superalongamento (*Sphaceloma manihoticola*) e à antracnose (*Colletotrichum gloeosporioides* f. sp. *Manihotis* Henn (Penz) Sacc). A bacteriose foi avaliada por meio da escala de notas: 1 - sem sintomas; 2 - sintomas no terço inferior da planta; 3 - sintomas nos terços inferior e médio da planta; 4 - sintomas por toda a planta e 5 - morte dos ponteiros ou de toda a planta (Rangel et al., 2013).

O superalongamento também foi avaliado por meio de uma escala de 1 a 5: 1 - plantas sem sintomas visíveis; 2 - algumas manchas ou cancras nas folhas ou pecíolos; 3 - cancras nos pecíolos e caules e deformação severa das folhas; 4 - alongamento, cancras nas folhas, pecíolos e caules e deformação severa nas folhas com escaldadura; e 5 - morte descendente após severo alongamento (Alvarez; Molina, 2000).

A antracnose foi avaliada com a seguinte escala de notas adaptada de Muimba (1982): 0 - sem sintomas; 1 - cancras pequenos ou antigos na metade inferior da planta; 2 - cancras profundos na metade superior da planta; 3 - cancras profundos, com esporulação, distorção ou murcha nas folhas novas e secamento do ápice; 4 - morte apical ou morte da planta.

As raízes colhidas do mesmo clone foram pesadas em cada parcela com auxílio de balança digital, base para o cálculo da produtividade (t de raízes ha<sup>-1</sup>). A produtividade de amido (t de amido ha<sup>-1</sup>) foi calculada multiplicando-se o teor de amido (%) pela produtividade de raízes (t de raízes ha<sup>-1</sup>). Os teores de matéria seca e de amido foram estimados pelo método da balança hidrostática, segundo Kawano et al. (1987), utilizando as equações 1 e 2. Uma amostra de 5 kg de raízes foi pesada em balança digital (peso no ar;  $P_{ar}$ ), em seguida, essa amostra foi imersa em 50 litros de água e pesada com balança para obter o peso na água ( $P_{água}$ ).

$$\text{Matéria seca (\%)} = 158,3 \times \frac{P_{ar}}{P_{ar} - P_{água}} - 142,0 \quad (1)$$

A partir da matéria seca, calculou-se o teor de amido:

$$\text{Amido (\%)} = \text{Matéria seca (\%)} - 4,65 \quad (2)$$

### Extração do amido e caracterização

A extração do amido foi realizada conforme Santos et al. (2022), com modificações. Para a extração, as raízes foram lavadas, secas, descascadas, cortadas em cubos e trituradas com água destilada na proporção de 1:1 (500 g de mandioca picada para 500 mL de água gelada) em um liquidificador de aço inox por 60 segundos. Para separação das fibras, o material moído foi passado através de tecido *voil* e peneira com abertura de 150 mesh. O liquidificador e o material de mandioca retida no *voil* foram lavados com 3,5 litros de água gelada para extração do amido residual. O material sem fibras foi mantido em repouso em câmara fria, por aproximadamente 12 horas a 5 °C, para decantação do amido. Após este tempo, separou-se o sobrenadante, e o amido decantado foi lavado com álcool etílico PA e submetido à secagem em estufa com circulação forçada de ar a 40 °C durante 48 horas. O amido seco foi suavemente maceado com auxílio de gral e pistilo, e armazenado.

Para determinar a relação amilose/amilopectina foi realizado o procedimento conforme descrito por International Organization Standardization (1987). Os grânulos de amido foram dispersos com etanol e gelatinizados com hidróxido de sódio. Uma alíquota foi acidificada e, após a reação com o iodo, o complexo formado, de coloração azul, foi quantificado por espectrofotometria a 620 nm. A curva padrão foi elaborada com soluções diluídas e seriadas de amilose padrão (CAS: 9005-62-7, Sigma-Aldrich, St. Louis, EUA) e da amilopectina (amido ceroso extraído da raiz de mandioca com 0% de amilose).

As propriedades de pasta dos amidos extraídos foram avaliadas pelo analisador rápido de viscosidade (RVA), série S4A (RVA 4500), da Newport Scientific, utilizando a programação Padrão 1 do *software* Thermocline for Windows, versão 3.0. Uma amostra de 2,5 g (base seca) foi suspensa em água destilada, ajustando o material para 14% de umidade, misturada em recipiente de alumínio e submetida ao teste. A amostra foi aquecida a 50 °C e agitada a 960 rpm por 10 segundos para dispersão completa e mantida a 160 rpm até o final. O teste foi iniciado à temperatura de 50 °C, permanecendo nessa temperatura por 1 min, com elevação da temperatura para 95 °C durante 3,7 min. A temperatura foi mantida a 95 °C por 2,5 min e, então, ocorreu o

resfriamento, por um período de 3,7 min, até 50 °C, mantendo-se essa temperatura por 2 minutos. Avaliou-se o perfil de cozimento das pastas pela observação da temperatura de empastamento: viscosidade máxima (pico), tempo para atingir a viscosidade máxima, viscosidade mínima durante manutenção da temperatura a 95 °C, viscosidade de quebra (diferença entre viscosidade máxima e viscosidade mínima), viscosidade final das pastas a 50 °C e *setback* (diferença entre viscosidade final a 50 °C e viscosidade mínima).

### Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância, e as médias dos genótipos foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram realizadas com auxílio do programa estatístico R (R Core Team, 2022).

### Resultados e discussão

Com relação à incidência das doenças em avaliação, a variedade Baianinha e os genótipos 2010 55-02, 2010 55-09, 2010 59-27, 2010 60-57 e 2010 60-58 apresentaram maior resistência à bacteriose (Tabela 1). A maioria dos genótipos foi mais resistente à antracnose e ao superalongamento, com exceção da testemunha IAC 90 e os genótipos da Embrapa BRS Formosa, 2010 55-09, 2010 56-03 e 2010 57-21 para antracnose ou superalongamento.

Considerando que o cultivo de mandioca é a base econômica e alimentar nos extratos de agricultores em maior vulnerabilidade socioeconômica, a utilização de variedades tolerantes ou resistentes é considerada a principal solução para o enfrentamento dos patógenos (Zárate-Chaves et al., 2021). Nessas circunstâncias, a testemunha Baianinha e os genótipos 2010 55-02, 2010 59-27, 2010 60-57 e 2010 60-58 foram os mais promissores, pois apresentaram maior resistência para as três doenças da parte aérea (Tabela 1), seguidos pelos genótipos 2010 54-02, 2010 55-01, BRS Boitatá, BRS Formosa e BRS Ocaçu.

A produtividade de raízes variou entre 20,86 t ha<sup>-1</sup> e 37,60 t ha<sup>-1</sup> (Tabela 2). A produtividade foi maior para a variedade comercial IAC 90 e os genótipos 2010 54-02, 2010 55-01, 2010 55-02, BRS CS 01, 2010 55-09, 2010 57-21, 2010 60-57 e 2010 60-58, os quais apresentaram valor médio de 34,57 t ha<sup>-1</sup> e não diferiram estatisticamente entre eles. A produtividade média dos genótipos neste ensaio foi 2,3 vezes maior que a média brasileira (15,01 t ha<sup>-1</sup>) e 51% maior que a média do Mato Grosso do Sul (22,80 t ha<sup>-1</sup>) (IBGE, 2022). Tironi et al. (2015) avaliaram a produtividade de cinco variedades em

dois anos agrícolas em Santa Maria, RS, entre as quais estavam Cascuda (28,70 e 28,23 t ha<sup>-1</sup>) e Fécula Branca (20,40 e 28,73 t ha<sup>-1</sup>), e observaram valores semelhantes aos obtidos no presente estudo. Da mesma forma, Rós et al. (2011) estudaram nove cultivares de mandioca para indústria plantadas em Presidente Prudente, SP, com a Fécula Branca (26,9 t ha<sup>-1</sup>) apresentando produtividade de raízes semelhante à obtida neste trabalho.

Os genótipos BRS CS 01, BRS Ocaçu, 2010 59-27, 2010 60-57 e 2010 60-58 não diferiram entre si quanto aos teores de amido e foram superiores, com teores maiores quando comparadas às testemunhas (Tabela 2), com média de 35,45%. Schmitz et al. (2017), ao estudarem dez genótipos em Pin-dorama, SP, observaram teores de amido (17,28 a 35,37%) semelhantes aos do presente estudo.

**Tabela 1.** Reação de 17 genótipos de mandioca à bacteriose, antracnose e superalongamento, em Dourados (MS), 2013.

Genótipo	BAC	ANT	SAL
2010 54-02	2	1	1
2010 55-01	2	1	1
2010 55-02	1,5	1	1
2010 55-09	1,5	2	1
2010 56-03	2	2	1
2010 57-21	2	2	1,5
2010 59-27	1,5	1	1
2010 60-57	1,5	1	1
2010 60-58	1,5	1	1
BRS Boitatá	2	1	1
BRS CS 01	3	1	1
BRS Formosa	2,2	1,1	1,9
BRS Ocaçu	2	1	1
Baianinha	1,7	1	1
Cascuda	2,4	1	1
Fécula Branca	2,4	1	1
IAC 90	2,1	1,1	2,1

BAC: reação das plantas à bacteriose, apresentando 1 - sem sintomas; 2 - sintomas no terço inferior da planta; 3 - sintomas nos terços inferior e médio da planta; 4 - sintomas por toda a planta e 5 - morte dos ponteiros ou de toda a planta. ANT: reação das plantas à antracnose, apresentando 0 - sem sintomas; 1 - cancos pequenos ou antigos na metade inferior da planta; 2 - cancos profundos na metade superior da planta; 3 - cancos profundos, com esporulação, distorção ou murcha nas folhas novas e secamento do ápice; 4 - morte apical ou morte da planta. SAL: reação das plantas ao superalongamento, apresentando 1 - plantas sem sintomas visíveis; 2 - algumas manchas ou cancos nas folhas ou pecíolos; 3 - cancos nos pecíolos e caules e deformação severa das folhas; 4 - alongamento, cancos nas folhas, pecíolos e caules e deformação severa nas folhas com escaldadura e 5 - morte descendente após severo alongamento.

**Tabela 2.** Produtividade da raiz e de amido, teor de amido e de amilose de 17 genótipos de mandioca colhidos aos 10 meses em Dourados (MS), 2013.

Genótipo	Produtividade raiz (t ha <sup>-1</sup> )	Produtividade amido (t ha <sup>-1</sup> )	Amido (%)	Amilose (%)
2010 54-02	32,96a	10,82a	32,60b	21,84
2010 55-01	32,21a	10,28a	31,92b	21,35
2010 55-02	32,60a	10,34a	31,72b	20,35
2010 55-09	34,86a	11,45a	32,90b	21,64
2010 56-03	24,48b	8,08b	32,95b	22,28
2010 57-21	37,34a	11,89a	31,84b	22,77
2010 59-27	28,34b	10,10a	35,62a	22,18
2010 60-57	37,60a	13,20a	35,11a	21,73
2010 60-58	33,07a	11,96a	36,14a	22,81
BRS Boitatá	25,56b	8,52b	33,35b	23,32
BRS CS 01	35,81a	13,05a	36,42a	21,36
BRS Formosa	20,86b	6,85b	32,80b	21,78
BRS Ocaçu	27,82b	9,49b	33,95a	22,60
Baianinha	24,28b	7,14b	29,26b	23,17
Cascuda	27,06b	8,44b	31,13b	21,07
Fécula Branca	23,80b	7,49b	31,36b	21,92
IAC 90	34,65a	11,08a	32,06b	23,50
F	2,21*	2,75**	4,39**	0,62 <sup>ns</sup>
CV	24,46	25,45	5,30	9,58

Médias seguidas pela mesma letra na coluna pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott com 5% de probabilidade. \*\*significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; \*significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; <sup>ns</sup>não significativo pelo teste F; CV coeficiente de variação.

É importante que os genótipos com as maiores produtividades de raízes tenham os maiores teores de amido, de modo a maximizar o rendimento do produto final por unidade de área cultivada (Vidigal Filho et al., 2000; Cardoso et al., 2014).

A variedade IAC 90 e os genótipos 2010 54-02, 2010 55-01, 2010 55-02, BRS CS 01, 2010 55-09, 2010 57-21, 2010 59-27, 2010 60-57 e 2010 60-58 apresentaram maior produtividade de amido (Tabela 2), com média de 11,42 t ha<sup>-1</sup>, não diferindo estatisticamente entre eles. A produção de amido está diretamente relacionada ao rendimento industrial para extração de fécula, sendo desejado

pela indústria processar raízes de cultivares com elevada produção e que essa produção seja estável, mesmo sob variadas condições ambientais (Cardoso et al., 2014). Sagrilo et al. (2010), ao estudarem a produtividade de raízes e a produtividade de amido, respectivamente, das variedades Fécula Branca (16,5 t ha<sup>-1</sup>; 4,1 t ha<sup>-1</sup>), IAC 90 (15,9 t ha<sup>-1</sup>; 4,0 t ha<sup>-1</sup>), Baianinha (17,5 t ha<sup>-1</sup>; 4,4 t ha<sup>-1</sup>) e Cascuda (23,5 t ha<sup>-1</sup>; 5,4 t ha<sup>-1</sup>), em três municípios do Vale do Ivinhema, MS, obtiveram valores médios inferiores aos deste trabalho. Guimarães et al. (2017) caracterizaram 23 variedades e 5 híbridos plantados em Cândido

Sales, BA, com valores de produtividade de raiz (8,1 a 29,3 t ha<sup>-1</sup>) e produtividade de amido (1,94 a 6,14 t ha<sup>-1</sup>), com 24 genótipos apresentando valores também inferiores aos deste estudo.

Não houve diferença estatística ( $p > 0,05$ ) entre os genótipos para o teor de amilose na análise da variância pelo teste F (Tabela 2), apresentando teor médio de 22,10% de amilose e, portanto, 77,90% de amilopectina. O valor médio de amilose relatado neste estudo foi superior ao observado por Nunes et al. (2021) para 40 variedades de mandioca do Brasil (10,6 a 20,7%). Diferentemente, os teores relatados no presente trabalho foram próximos ao citado por Dudu et al. (2019) em amido comercial de mandioca na China (23,21%), por Liu et al. (2018) em amido de mandioca colhida aos 11 meses na China (21,78%) e por Fernandes et al. (2019) em plantas com 11 meses colhidas em Botucatu, SP (19,1%). Conteúdo superior de amilose (24,0% a 28,2%) foi observado por Tappiban et al. (2020a) em quatro variedades colhidas em duas diferentes localidades na Tailândia.

Segundo Tappiban et al. (2020a), o teor de amilose nos amidos de genótipos de mandioca é classificado como: ceroso (0-5%), baixo (5-20%), intermediário (20-25%) e alto (>25%). De acordo com a classificação, os amidos obtidos neste estudo (Tabela 2) apresentaram teor intermediário de amilose. Em geral, amidos com menor teor de amilose são mais suscetíveis às modificações químicas e/ou físicas, uma característica muitas vezes desejada pelas indústrias (Biduski et al., 2018; Fernandes et al., 2019).

O aquecimento do amido na presença de excesso de água provoca a gelatinização, expansão e hidratação dos grânulos, em uma faixa de temperatura típica da fonte de amido (Mesquita et al., 2016). Os parâmetros de empastamento do amido fornecem evidência sobre o comportamento de cozimento dos amidos durante os ciclos de aquecimento e resfriamento, sendo elásticos os grânulos inchados e responsáveis pela viscosidade da pasta (Wang et al., 2018). A viscosidade de pico indica o ponto de equilíbrio entre o intumescimento e a ruptura dos grânulos de amido. O inchaço dos grânulos de amido, acompanhado da lixiviação de amilose, aumenta a viscosidade, e o aquecimento adicional quebra a estrutura granular, resultando na redução da viscosidade.

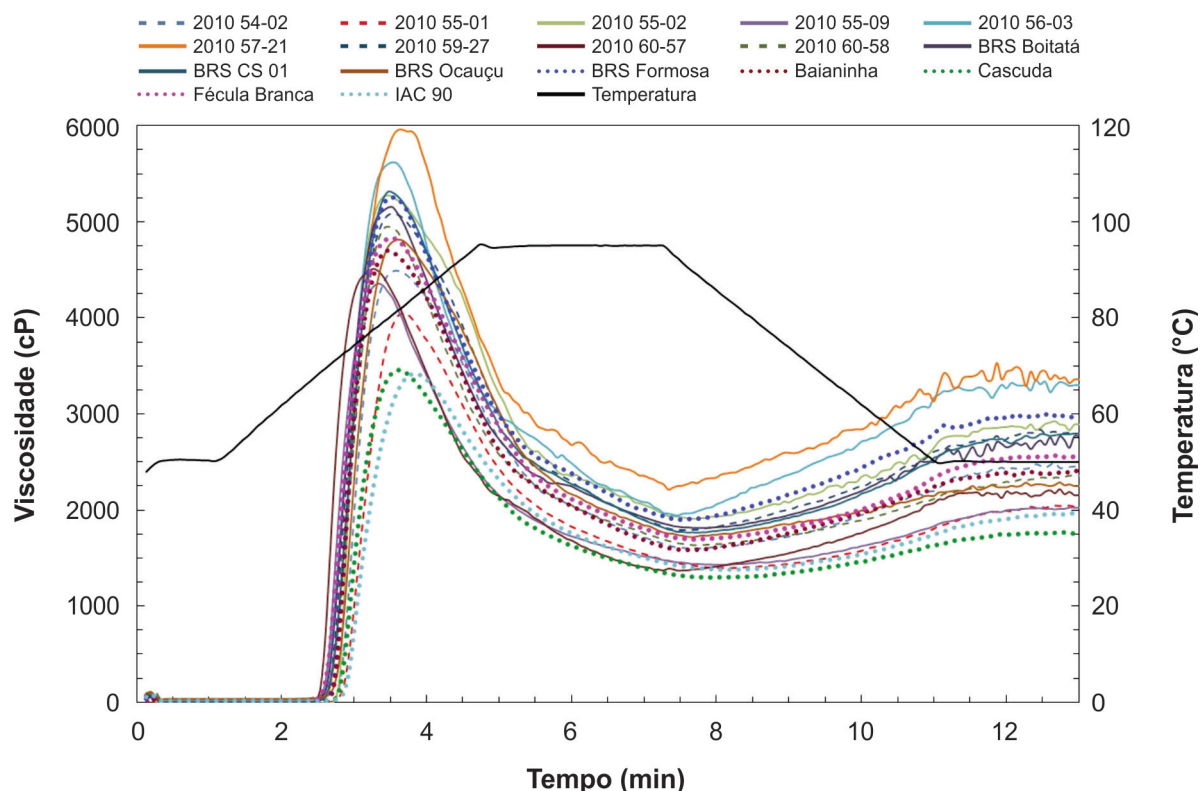
A análise segue e durante o resfriamento das pastas de amido, as moléculas de amilose lixiviadas se associam rapidamente, e essa reassociação é responsável pelo aumento da viscosidade da pasta (Dong; Vasanthan, 2020).

Houve efeito significativo de genótipo ( $p < 0,05$ ) para todas as propriedades de pasta avaliadas (Figura 2, Tabela 3). O grupo com a menor temperatura de empastamento apresentou o valor médio de 68,29 °C, enquanto o outro grupo apresentou temperatura de 70,38 °C. Esses valores corroboram as faixas descritas por Tappiban et al. (2020b), ao estudarem o amido de sete cultivares de mandioca (68,1 e 74,3 °C), por Tappiban et al. (2020a) ao avaliar cinco variedades colhidas em duas diferentes localidades (69,5 e 75,3 °C) e Atwijukire et al. (2019) ao caracterizarem 37 genótipos de mandioca (65,75 a 70,10 °C). A temperatura de empastamento é aquela na qual é detectado o início do aumento na viscosidade, que ocorre devido ao inchaço dos grânulos de amido e fornece a indicação da quantidade de energia necessária para cozinhar um determinado material amiláceo (Alamu et al., 2017; Kayode et al., 2021). Assim, do ponto de vista energético, o amido dos genótipos BRS CS 01, 2010 55-09, 2010 56-03, BRS Boitátá, 2010 57-21, 2010 59-27, 2010 60-57, 2010 60-58 e a Fécula Branca foram os mais interessantes, uma vez que produziram pasta viscosa com menor temperatura. O amido de mandioca tem baixa temperatura de empastamento e forma mais facilmente uma pasta em comparação com outros amidos, como o de batata (72 °C), milho (76,7 °C) e trigo (89 °C) (Williams et al., 2019; Dong; Vasanthan, 2020; Waterschoot et al., 2015). Uma temperatura de empastamento mais alta indica resistência ao inchaço e ruptura do grânulo de amido (Williams et al., 2019; Tappiban et al., 2020b).

Nos genótipos 2010 55-02, BRS CS 01, 2010 55-09, 2010 56-03, BRS Boitátá, 2010 60-57, 2010 60-58, Baianinha e na Fécula Branca foram observados os menores tempos de pico (Tabela 3, Figura 2), com média de 3,45 min. Os valores encontrados neste estudo foram próximos aos observados por Tappiban et al. (2020a) para amidos de cinco variedades de mandioca (3,4 a 3,9 min) e por Atwijukire et al. (2019) para 37 genótipos (3,3 a 4,1 min). Amidos com baixo tempo de pico e baixa temperatura de empastamento indicam baixa

resistência ao inchamento e fácil formação de pasta, o que os torna mais adequados para processos industriais alimentícios e não alimentícios, devido à diminuição nos custos de energia durante a produção

(Williams et al., 2019). Os amidos extraídos dos genótipos BRS CS 01, 2010 55-09, 2010 56-03, BRS Boitató, 2010 60-57, 2010 60-58 e da Fécula Branca apresentaram essas características.



**Figura 2.** Perfil de viscosidade dos amidos extraídos de 17 genótipos de mandioca colhidos aos 10 meses em Dourados (MS), 2013.

Os genótipos 2010 55-02, BRS CS 01, BRS Ocaçu, 2010 56-03, BRS Boitató, 2010 57-21, 2010 59-27, 2010 60-58, BRS Formosa, Baianinha e Fécula Branca apresentaram as maiores viscosidades de pico (Figura 2, Tabela 3), com média de 5198 cP. Oyeyinka et al. (2020) observaram viscosidade de pico de 5930 cP para o amido da raiz de mandioca, valor semelhante ao genótipo 2010 57-21. A variação da viscosidade de pico em função da diversidade genética é relatada por Santos et al. (2022), como por exemplo, em 876 acessos de mandioca de uma coleção brasileira, com valores entre 3102 e 6702 cP.

A viscosidade de pico indica a extensão máxima do inchaço dos grânulos de amido durante o ciclo de aquecimento e alta viscosidade é desejável para uso industrial quando é necessário um alto poder de espessamento em altas temperaturas (Afoakwa et al., 2012; Agyemang et al., 2020). As viscosidades de pico dos amidos de cereais como arroz (1000 - 2500 cP), trigo (1250 - 3400 cP) e milho (1800 - 2100 cP) são menores do que as de mandioca devido ao menor poder de expansão do grânulo, enquanto a viscosidade de pico do amido de batata (11225 cP) é maior (Waterschoot et al., 2015; Castanha et al., 2021).



**Tabela 3.** Propriedades de pasta de amidos extraídos de 17 genótipos de mandioca colhidos aos 10 meses em Dourados (MS), 2013.

Genótipo	Temp (°C)	Tpico (min)	Vpico (cP)	Vmin (cP)	Quebra (cP)	Vfinal (cP)	Setback (cP)
2010 54-02	70,64a	3,59a	4512,0b	1597,5b	2914,5a	2452,5b	855,0b
2010 55-01	70,92a	3,69a	4048,5b	1389,5b	2659,5b	2036,0b	647,0b
2010 55-02	70,18a	3,44b	5282,0a	1905,0a	3377,0a	2890,0a	985,0a
2010 55-09	68,22b	3,35b	4363,5b	1419,5b	2944,5a	2024,5b	606,0b
2010 56-03	67,78b	3,52b	5626,0a	1933,5a	3692,0a	3302,5a	1369,0a
2010 57-21	68,63b	3,67a	5992,5a	2194,5a	3798,0a	3356,0a	1161,5a
2010 59-27	68,62b	3,57a	5086,5a	1786,0a	3301,0a	2794,5a	1008,5a
2010 60-57	67,67b	3,29b	4519,0b	1340,0b	3179,5a	2156,0b	816,5b
2010 60-58	68,23b	3,47b	4954,5a	1633,0b	3321,5a	2361,0b	728,5b
BRS Boitatá	67,99b	3,47b	5159,5a	1791,0a	3369,5a	2761,5a	971,0a
BRS CS 01	69,02b	3,52b	5325,5a	1757,0a	3568,5a	2797,0a	1040,0a
BRS Formosa	69,44a	3,57a	5282,1a	1861,1a	3421,0a	2951,6a	1090,4a
BRS Ocaçu	69,62a	3,61a	4821,0a	1709,5a	3112,0a	2249,0b	540,0b
Baianinha	69,78a	3,47b	4729,6a	1575,9b	3153,9a	2410,3b	834,5b
Cascuda	70,55a	3,62a	3477,4b	1281,9b	2195,6b	1756,4b	474,5b
Fécula Branca	68,45b	3,48b	4923,1a	1687,0a	3236,3a	2560,4b	873,7b
IAC 90	71,90a	3,75a	3510,9b	1371,0b	2139,9b	1964,4b	593,6b
F	8,36**	3,37**	3,07**	1,94*	3,89**	2,62**	3,34**
CV	1,22	3,38	17,99	20,33	17,51	22,61	30,65

Médias seguidas pela mesma letra na coluna pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott com 5% de probabilidade. \*\* significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; \* significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; CV coeficiente de variação; Temp temperatura de empastamento; Tpico tempo de pico; Vpico viscosidade de pico; Vmin viscosidade mínima; Vfinal viscosidade final; CV coeficiente de variação.

Para a viscosidade mínima, os genótipos 2010 54-02, 2010 55-01, 2010 55-09, 2010 60-57, Cascuda e IAC 90 apresentaram estatisticamente os menores valores (Tabela 3) e o valor médio de 3715 cP. Já as menores quebras de viscosidade foram observadas nos amidos dos genótipos 2010 55-01, Cascuda e IAC 90, com valor médio de 2332 cP. Quanto menor é a quebra de viscosidade maior é a tendência do gel de amido de suportar o aquecimento e a tensão de cisalhamento, ou seja, o gel é mais estável ao aquecimento (Palavecino et al., 2020; Gourilekshmi et al., 2021). Santos et al. (2021), ao estudarem 883 genótipos de mandioca (2624 a 3632 cP), observaram valores semelhantes ao presente estudo, diferente de Santos et al. (2022) ao avaliar 876 genótipos que obtiveram uma faixa mais ampla (1314 a 4768 cP). Os amidos com menor quebra de viscosidade produzem pastas grossas (são aplicados em formulações de alimentos para bebês e sopas), enquanto pastas finas (maior quebra) são relevantes na produção de xaropes e papelão (Falade et al., 2019).

Os genótipos 2010 55-02, BRS CS 01, 2010 56-03, BRS Boitatá, 2010 57-21, 2010 59-27 e BRS Formosa apresentaram a maior viscosidade final (Tabela 3), com valor médio de 2979 cP, indicando que o amido desses genótipos pode ser utilizado como agente espessante na aplicação em alimentos (Shafie et al., 2016). A viscosidade final é importante, pois determina a capacidade do amido de formar gel ou uma pasta viscosa após o cozimento e resfriamento, bem como, a resistência da pasta à força de cisalhamento durante a agitação (Alamu et al., 2017; Fernandes et al., 2019). Amidos com maiores viscosidades finais são desejáveis em alimentos onde é necessário aumentar o volume do produto (Palavecino et al., 2020). Resultados semelhantes a esse estudo foram obtidos por Atwijukire et al. (2019) ao caracterizar 37 genótipos de mandioca (2666 a 3408 cP) e por Tappiban et al. (2020b) ao avaliar 7 genótipos (2534 a 3138 cP).

A viscosidade de *setback*, ou tendência à retrogradação, foi maior nos amidos extraídos dos genótipos 2010 55-02, BRS CS 01, 2010 56-03, BRS Boitatá, 2010 57-21, 2010 59-27 e BRS Formosa (Tabela 3), com valor médio de 1089 cP, enquanto o valor médio do outro grupo de genótipos foi de 697 cP. Essa variação em amido de mandioca é corroborada por Tappiban et al. (2020a, 2020b), 773 a 1118 cP e 695 a 1144 cP, respectivamente. A tendência à retrogradação refere-se à capacidade de gelificação do amido que resulta do rearranjo (reordenação) das moléculas de amilose lixiviadas (Tappiban et al., 2020b). Durante a retrogradação, a formação de cristais leva à expulsão de água do gel (sinérese) (Fernandes et al., 2019). É uma característica considerada indesejável para alguns alimentos por promover o endurecimento, tais como, pães e outros alimentos ricos em amido, como pudim e flan. Amidos com baixa tendência à retrogradação possuem potencial para aplicação em sopas, molhos e na panificação (Wang et al., 2015; Tappiban et al., 2020a; Kayode et al., 2021). No entanto, a retrogradação do amido é desejável em algumas aplicações, como na produção de cereais matinais, arroz parboilizado, purê de batata desidratado e amido resistente, devido à digestão enzimática mais lenta do amido retrogradado e liberação moderada de glicose na corrente sanguínea (Wang et al., 2015).

## Conclusão

Os três genótipos 2010 55-02, 2010 59-27 e 2010 60-27 apresentaram maior potencial para recomendação de cultivo comercial, devido à resistência às doenças foliares e características agrônômicas desejáveis, e podem contribuir no futuro para maior rentabilidade para o agricultor que obtém sua renda na mandiocultura.

As propriedades de pasta dos genótipos 2010 55-02 e 2010 59-27 foram mais adequadas para algumas aplicações industriais, como agente espessante para a indústria de alimentos.

## Agradecimentos

À Fapesb pela concessão da bolsa de iniciação científica e ao Centro Internacional de Agricultura Tropical (Ciat), Cali, Colômbia, pela doação do amido ceroso extraído da raiz de mandioca com 0% de amilose.

## Referências

- AFOAKWA, E. O.; BUDU, A. S.; ASIEDU, C.; CHIWONA-KARLTUN, L.; NYIRENDA, D. B. Viscoelastic properties and physico-functional characterization of six high yielding cassava mosaic disease-resistant cassava (*Manihot esculenta* Crantz) genotypes. **Journal of Nutrition and Food Science**, v. 2, n. 2, p. 129, 2012.
- AGYEMANG, P. N.; AKONOR, P. T.; TORTOE, C.; JOHNSON, P.-N. T.; MANU-ADUENING, J. Effect of the use of starches of three new Ghanaian cassava varieties as a thickener on the physicochemical, rheological and sensory properties of yoghurt. **Scientific African**, v. 9, p. e00521, 2020.
- ALAMU, E. O.; MAZIYA-DIXON, B.; DIXON, A. G. Evaluation of proximate composition and pasting properties of high quality cassava flour (HQCF) from cassava genotypes (*Manihot esculenta* Crantz) of  $\beta$ -carotene-enriched roots. **LWT - Food Science and Technology**, v. 86, p. 501-506, 2017.
- ALLEYNE, A. T.; GILKES, J. M.; BRIGGS, G. Early detection of Super-elongation disease in *Manihot esculenta* Crantz (cassava) using molecular markers for gibberellic acid biosynthesis. **European Journal of Plant Pathology**, v. 141, n. 1, p. 27-34, 2015.
- ALVAREZ, E.; MOLINA, M. L. Characterizing the Sphaceloma fungus, causal agent of superelongation disease in cassava. **Plant Disease**, v. 84, n. 4, p. 423-428, 2000.
- AMARAL, J. A. M.; MOTCHI, E. P.; OLIVEIRA, H.; CARVALHO FILHO, A.; NAIME, U. J.; SANTOS, B. D. **Levantamento semidetalhado dos solos do Campo Experimental de Dourados, da Embrapa Agropecuária Oeste, município de Dourados, MS**. Dourados, MS: Embrapa Agropecuária Oeste; Rio de Janeiro, RJ: Embrapa Solos, 2000.
- ATWIJUKIRE, E.; HAWUMBA, J. F.; BAGUMA, Y.; WEMBABAZI, E.; ESUMA, W.; KAWUKI, R. S.; NUWAMANYA, E. Starch quality traits of improved provitamin A cassava (*Manihot esculenta* Crantz). **Heliyon**, v. 5, n. 2, p. e01215, 2019.
- BALET, S.; GUELPA, A.; FOX, G.; MANLEY, M. Rapid Visco Analyser (RVA) as a tool for measuring starch-related physicochemical properties in cereals: a review. **Food Analytical Methods**, v. 12, n. 10, p. 2344-2360, 2019.
- BIDUSKI, B.; SILVA, W. M. F.; COLUSSI, R.; EL HALAL, S. L. M.; LIM, L.-T.; DIAS, A. R. G.; ZAVAREZE, E. R. Starch hydrogels: the influence of the amylose content and gelatinization method. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 113, p. 443-449, 2018.

- CARDOSO, A. D.; VIANA, A. E. S.; MUNIZ, W. F.; ANDRADE, J. S.; MOREIRA, G. L. P.; CARDOSO JÚNIOR, N. S. Avaliação de variedades de mandioca tipo indústria. **Magistra**, v. 26, n. 4, p. 456-466, 2014.
- CASTANHA, N.; ROJAS, M. L.; AUGUSTO, P. E. D. An insight into the pasting properties and gel strength of starches from different sources: effect of starch concentration. **Scientia Agropecuaria**, v. 12, n. 2, p. 203-212, 2021.
- CEBALLOS, H.; SÁNCHEZ, T.; DENYER, K.; TOFIÑO, A. P.; ROSERO, E. A.; DUFOUR, D.; SMITH, A.; MORANTE, N.; PÉREZ, J. C.; FAHY, B. Induction and identification of a small-granule, high-amylose mutant in cassava (*Manihot esculenta* Crantz). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 56, n. 16, p. 7215-7222, 2008.
- CEBALLOS, H. N.; SÁNCHEZ, T.; MORANTE, N.; FREGENE, M.; DUFOUR, D.; SMITH, A. M.; DENYER, K.; PÉREZ, J. C.; CALLE, F.; MESTRES, C. Discovery of an amylose-free starch mutant in cassava (*Manihot esculenta* Crantz). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 55, n. 18, p. 7469-7476, 2007.
- CLASEN, S. H.; MÜLLER, C. M. O.; PARIZE, A. L.; PIRES, A. T. N. Synthesis and characterization of cassava starch with maleic acid derivatives by etherification reaction. **Carbohydrate Polymers**, v. 180, p. 348-353, 2018.
- CUENCA, P.; FERRERO, S.; ALBANI, O. Preparation and characterization of cassava starch acetate with high substitution degree. **Food Hydrocolloids**, v. 100, p. 105430, 2020.
- DONG, H.; VASANTHAN, T. Effect of phosphorylation techniques on structural, thermal, and pasting properties of pulse starches in comparison with corn starch. **Food Hydrocolloids**, v. 109, p. 106078, 2020.
- DUDU, O. E.; LI, L.; OYEDEJI, A. B.; OYEYINKA, S. A.; MA, Y. Structural and functional characteristics of optimised dry-heat-moisture treated cassava flour and starch. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 133, p. 1219-1227, 2019.
- FALADE, K. O.; IBANGA-BAMIJOKO, B.; AYETIGBO, O. E. Comparing properties of starch and flour of yellow-flesh cassava cultivars and effects of modifications on properties of their starch. **Journal of Food Measurement and Characterization**, v. 13, n. 4, p. 2581-2593, 2019.
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **FAOSTAT**: crops and livestock products, 2024. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. Acesso em: 5 fev. 2024
- 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.
- GOURILEKSHMI, S. S.; JYOTHI, A. N.; SREEKUMAR, J. Effect of cultivar difference and root growth stage on the thermal, rheological, and in vitro digestibility properties of cassava starch. **Starch/Stärke**, v. 73, n. 3-4, p. 2000157, 2021.
- GUIMARÃES, D. G.; PRATES, C. J. N.; VIANA, A. E. S.; CARDOSO, A. D.; SANTOS, V. S.; MATSUMOTO, S. N.; NOVAES, Q. S.; CARDOSO JÚNIOR, N. S.; LOPES, S. C. Physiological and agronomic characteristics of cassava genotypes. **African Journal of Agricultural Research**, v. 12, n. 5, p. 354-361, 2017.
- IBGE. **Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA)**: levantamento sistemático da produção agrícola: tabela 1612 - Área plantada, área colhida, quantidade produzida, rendimento médio e valor da produção das lavouras temporárias, 2022. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/1612>. Acesso em: 5 fev. 2024.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION – ISO. Riz - Determination de La teneur em amylose. **Norme ISO 6647 (F)**, 1987.
- KAWANO, K.; FUKUDA, W. M. G.; CENPUKDEE, U. Genetic and environmental effects on dry matter content of cassava root. **Crop Science**, v. 26, n. 69-74, 1987.
- KAYODE, B. I.; KAYODE, R. M. O.; SALAMI, K. O.; OBILANA, A. O.; GEORGE, T. T.; DUDU, O. E.; ADEBO, O. A.; NJOBEH, P. B.; DIARRA, S. S.; OYEYINKA, S. A. Morphology and physicochemical properties of starch isolated from frozen cassava root. **LWT - Food Science and Technology**, v. 147, p. 111546, 2021.
- LIU, K.; ZU, Y.; CHI, C.; GU, B.; CHEN, L.; LI, X. Modulation of the digestibility and multi-scale structure of cassava starch by controlling the cassava growth period. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 120, p. 346-353, 2018.
- LIU, S.; YUAN, T. Z.; WANG, X.; REIMER, M.; ISAAK, C.; AI, Y. Behaviors of starches evaluated at high heating temperatures using a new model of Rapid Visco Analyzer–RVA 4800. **Food Hydrocolloids**, v. 94, p. 217-228, 2019.
- MAJZOOBI, M.; FARAHNAKY, A. Granular cold-water swelling starch, properties, preparation and applications, a review. **Food hydrocolloids**, v. 111, p. 106393, 2021.
- MESQUITA, C. B.; LEONEL, M.; FRANCO, C. M. L.; LEONEL, S.; GARCIA, E. L.; SANTOS, T. P. R. Characterization of banana starches obtained from cultivars grown in Brazil. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 89, p. 632-639, 2016.

- MUIMBA, K. A. **Predisposition of cassava plants to infection by *Colletotrichum manihotis* Henn, and some factors involved in the initiation of anthracnose disease.** 1982. Thesis (Doctor) – University of Ibadan, Nigéria.
- NARAYANAN, N.; BEYENE, G.; CHAUHAN, R. D.; GRUSAK, M. A.; TAYLOR, N. J. Stacking disease resistance and mineral biofortification in cassava varieties to enhance yields and consumer health. **Plant Biotechnology Journal**, v. 19, n. 4, p. 844-854, 2021.
- NUNES, E. C.; UARROTA, V. G.; MORESCO, R.; MARASCHIN, M. Physico-chemical profiling of edible or sweet cassava (*Manihot esculenta* Crantz) starches from Brazilian germplasm. **Food Bioscience**, v. 43, p. 101305, 2021.
- OGBONNA, A. C.; ANDRADE, L. R. B.; MUELLER, L. A.; OLIVEIRA, E. J.; BAUCHET, G. J. Comprehensive genotyping of Brazilian Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) germplasm bank: insights into diversification and domestication. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 134, n. 5, p. 1343-1362, 2021.
- OGUNDELE, O. M.; MUAZU, S. T.; OYEDEJI, A. B.; KAYITESI, E.; NJOBEH, P. B.; OYEYINKA, S. A. Chemical, functional, pasting and sensory properties of custard from refrigerated cassava root. **British Food Journal**, v. 123, n. 2, p. 509-519, 2020.
- OLIVEIRA, S. A. S. de; DIAMANTINO, M. S. A. S.; DINIZ, R. P.; OLIVEIRA, E. J. de. **Escala de notas inespecíficas para seleção de plantas de mandioca resistentes a doenças foliares.** Cruz das Almas, BA: (Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2020). (Embrapa Mandioca e Fruticultura. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 112).
- OYEYINKA, S. A.; ADELOYE, A. A.; OLAOMO, O. O.; KAYITESI, E. Effect of fermentation time on physicochemical properties of starch extracted from cassava root. **Food Bioscience**, v. 33, p. 100485, 2020.
- PALABIYIK, I.; TOKER, O. S.; KARAMAN, S.; YILDIZ, O. A modeling approach in the interpretation of starch pasting properties. **Journal of Cereal Science**, v. 74, p. 272-278, 2017.
- PALAVECINO, P. M.; PENCI, M. C.; RIBOTTA, P. D. Effect of sustainable chemical modifications on pasting and gel properties of sorghum and cassava starch. **Food and Bioprocess Technology**, v. 13, n. 1, p. 112-120, 2020.
- R CORE Team. R: **A language and environment for statistical computing**, 2022. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 8 fev. 2024
- RANGEL, M. A. S.; SANTOS, N. S. da C.; RINGENBERG, R.; OLIVEIRA, E. J. de; SANTOS, V. da S.; OLIVEIRA, S. A. S. de. Reação de híbridos e cultivares de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) à bacteriose em seis municípios da Região Centro-Sul do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, 15., 2013, Salvador. **Inovação e sustentabilidade: da raiz ao amido: trabalhos apresentados.** Salvador: CBM: Embrapa, 2013. 1 CD-ROM.
- RÓS, A. B.; HIRATA, A. C. S.; ARAÚJO, H. S.; NARITA, N. Crescimento, fenologia e produtividade de cultivares de mandioca. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, n. 4, p. 552-558, 2011.
- SAGRILO, E.; VIDIGAL FILHO, P. S.; OTSUBO, A. A.; SILVA, A. S.; ROHDEN, V. S. Performance de cultivares de mandioca e incidência de mosca branca no Vale do Ivinhema, Mato Grosso do Sul. **Revista Ceres**, v. 57, n. 1, p. 87-94, 2010.
- SAKAČ, N.; KARNAŠ, M.; DOBŠA, J.; JOZANOVIĆ, M.; GVOZDIĆ, V.; KOVAČ-ANDRIĆ, E.; SAKAČ, M. K.; ŠARKANJ, B. Application of spectrophotometric fingerprint in cluster analysis for starch origin determination. **Food Technology and Biotechnology**, v. 58, n. 1, p. 5-11, 2020.
- SANTOS, C. S.; SOUSA, M. B.; BRITO, A. C.; OLIVEIRA, L. A.; CARVALHO, C. W. P.; OLIVEIRA, E. J. Genome-wide association study of cassava starch paste properties. **PLoS One**, v. 17, n. 1, e0262888, 2022.
- SANTOS, T. B.; CARVALHO, C. W. P.; OLIVEIRA, L. A.; OLIVEIRA, E. J.; VILLAS-BOAS, F.; FRANCO, C. M. L.; CHÁVEZ, D. W. H. Functionality of cassava genotypes for waxy starch. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 56, p. e02414, 2021.
- SCHMITZ, G. J. H.; PERONI-OKITA, F. H. G.; NASCIMENTO, J. R. O.; CAMPANHA, R. B.; VALLE, T. L.; FRANCO, C. M. L.; CORDENUNSI-LYSENKO, B. R. Selected physicochemical properties of starches isolated from ten cassava varieties reveal novel industrial uses. **Starch-Stärke**, v. 69, n. 7-8, p. 1600272, 2017.
- SHAFIE, B.; CHENG, S. C.; LEE, H. H.; YIU, P. H. Characterization and classification of whole-grain rice based on rapid visco analyzer (RVA) pasting profile. **International Food Research Journal**, v. 23, n. 5, p. 2138-2143, 2016.
- TAPPIBAN, P.; SMITH, D. R.; TRIWITAYAKORN, K.; BAO, J. S. Recent understanding of starch biosynthesis in cassava for quality improvement: a review. **Trends in Food Science and Technology**, v. 83, p. 167-180, 2019.
- TAPPIBAN, P.; SRAPHET, S.; SRISAWAD, N.; WU, P.; HAN, H.; SMITH, D. R.; BAO, J.; TRIWITAYAKORN, K. Effects of cassava variety and growth location on starch fine structure and physicochemical properties. **Food Hydrocolloids**, v. 108, p. 106074, 2020a.

- TAPPIBAN, P.; YING, Y.; PANG, Y.; SRAPHET, S.; SRISAWAD, N.; SMITH, D. R.; WU, P.; TRIWITAYAKORN, K.; BAO, J. Gelatinization, pasting and retrogradation properties and molecular fine structure of starches from seven cassava cultivars. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 150, p. 831-838, 2020b.
- TEIXEIRA, J. H. S.; GUIMARÃES, M. A. S.; CARDOSO, S. C.; BRITO, A. S.; DINIZ, R. P.; OLIVEIRA, E. J.; OLIVEIRA, S. A. S. Evaluation of resistance to bacterial blight in Brazilian cassava germoplasm and disease-yield relationships. **Tropical Plant Pathology**, v. 46, n. 3, p. 324-335, 2021.
- TIAN, Y.; QU, J.; ZHOU, Q.; DING, L.; CUI, Y.; BLENNOW, A.; ZHONG, Y.; LIU, X. High pressure/temperature pasting and gelling of starch related to multilevel structure-analyzed with RVA 4800. **Carbohydrate Polymers**, v. 295, p. 119858, 2022.
- TIRONI, L. F.; UHLMANN, L. O.; STRECK, N. A.; SAMBORANHA, F. K.; FREITAS, C. P. O.; SILVA, M. R. Desempenho de cultivares de mandioca em ambiente subtropical. **Bragantia**, v. 74, n. 1, p. 58-66, 2015.
- VIDIGAL FILHO, P. S.; PEQUENO, M. G.; SCAPIM, C. A.; VIDIGAL, M. C. G.; MAIA, R. R.; SAGRILO, E.; SIMON, G. A.; LIMA, R. S. Avaliação de cultivares de mandioca na região noroeste do Paraná. **Bragantia**, v. 59, p. 69-75, 2000.
- WANG, S.; LI, C.; COPELAND, L.; NIU, Q.; WANG, S. Starch retrogradation: a comprehensive review. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 14, n. 5, p. 568-585, 2015.
- WANG, X.; REDDY, C. K.; XU, B. A systematic comparative study on morphological, crystallinity, pasting, thermal and functional characteristics of starches resources utilized in China. **Food Chemistry**, v.59, p.81-88, 2018.
- WATERSCHOOT, J.; GOMAND, S. V.; FIERENS, E.; DELCOUR, J. A. Production, structure, physicochemical and functional properties of maize, cassava, wheat, potato and rice starches. **Starch/Stärke**, v. 67, n. 1-2, p. 14-29, 2015.
- WILLIAMS, G.; ANSAH, K. O.; AGBENORHEVI, J. K.; ODURO, I. N.; BOBOBEE, E. Characterization of starch from new cassava accessions at different maturity. **Journal of Food Security**, v. 7, n. 5, p. 170-174, 2019.
- ZÁRATE-CHAVES, C. A.; CRUZ, D. G. DE LA; VERDIER, V.; LÓPEZ, C. E.; BERNAL, A.; SZUREK, B. Cassava diseases caused by *Xanthomonas phaseoli* pv. *manihotis* and *Xanthomonas cassavae*. **Molecular Plant Pathology**, v. 22, n. 12, p. 1520-1537, 2021.