



Núcleo de Meio Ambiente
Universidade Federal do Pará
Rua Augusto Corrêa, 01, Guamá
Belém, Pará, Brasil
<https://periodicos.ufpa.br/index.php/agroecossistemas>

Douglas Correa de Souza
Universidade Federal de Lavras
douglascorrea@gmail.com

Paulo Cesar Ossani
Universidade Estadual de Maringá
ossanipc@hotmail.com

Rogério de Jesus Silva
Universidade Federal de Lavras
rogerioneto1@hotmail.com

Thiago Sampaio Guerra
Universidade Federal de Lavras
thiagosampaio Guerra@hotmail.com

Luciane Vilela Resende
Universidade Federal de Lavras
luciane.vilela@dag.ufla.br

Recebido em: 2019-08-12
Avaliado em: 2020-07-01
Aceito em: 2020-07-31

PRODUTIVIDADE DE RIZOMAS E QUALIDADE DE FÉCULA DE ARARUTA EM FUNÇÃO DA ÉPOCA DE COLHEITA

RESUMO: A carência de conhecimento no que diz respeito ao ciclo da araruta, pode acarretar em prejuízos na produção, pois a colheita antecipada pode ocasionar perdas por não atingir o nível máximo de acúmulo de matéria seca nos rizomas e a colheita tardia aumenta o índice de podridão dos rizomas, diminuindo a qualidade do mesmo. Objetivou-se com este trabalho, determinar o efeito da época de colheita na produtividade e na qualidade química de amido de araruta. Foram utilizados rizomas de araruta, colhidos em cinco épocas diferentes (253, 273, 295, 314 e 336 dias após o plantio). No campo o experimento foi instalado em setembro de 2016 a agosto de 2017 no município de Lavras-MG em delineamento em blocos casualizados, com três repetições. No laboratório os experimentos foram realizados em delineamento inteiramente casualizados com três repetições, foi avaliado o rendimento da extração, composição centesimal, quantidade de amido purificado e análise de microscopia eletrônica. Os efeitos quantitativos foram ajustados a um modelo de regressão. Foi realizada análise de múltiplos fatores e análise fatorial. A época de colheita da araruta interfere nas características agrônômicas de produtividade de rizomas, fécula e na composição química da fécula de araruta. A colheita da araruta variedade seta aos 336 dias após o plantio foi o mais propício, por apresentar maior produtividade de rizomas ($61,31 \text{ Mg ha}^{-1}$) e fécula ($15,25 \text{ Mg ha}^{-1}$) por área, além de apresentar maior pureza na fécula (99,02%) e menor teor de fibra (0,36%).

PALAVRAS-CHAVE: Amido, Hortaliças não convencionais, *Maranta arundinacea* L.

RHIZOME YIELD AND QUALITY OF ARROWROOT STARCH AS A FUNCTION OF HARVEST SEASON

ABSTRACT: The lack of knowledge regarding the arrowroot cycle can lead to losses in production, as the early harvest can cause losses by not reaching the maximum level of dry matter accumulation in the rhizomes and the late harvest increases the rot rate of the rhizomes, decreasing its quality. The objective of this work was to determine the effect of the harvesting season on productivity and chemical quality of arrowroot starch. Arrowroot rhizomes were used, harvested in five different seasons (253, 273, 295, 314 and 336 days after planting). In the field the experiment was installed in September 2016 to August 2017 in the municipality of Lavras-MG in a randomized block design, with three replications. In the laboratory, the experiments were carried out in a completely randomized design with three replications, the extraction yield, proximate composition, amount of purified starch and electron microscopy analysis were evaluated. The quantitative effects were adjusted to a regression model. Multiple factor analysis and factor analysis were performed. The harvest time of arrowroot interferes with the agronomic characteristics of rhizome, starch and chemical composition of arrowroot starch. The arrowroot variety harvest at 336 days after planting was the most favorable, as it showed higher rhizome (61.31 Mg ha^{-1}) and starch (15.25 Mg ha^{-1}) productivity per area, in addition to having a higher yield, starch purity (99.02%) and lower fiber content (0.36%).

KEYWORDS: *Maranta arundinacea* L., Unconventional vegetables, Starch production.

RENDIMIENTO DEL RIZOMA Y CALIDAD DEL ALMIDÓN DE GUAPO EN FUNCIÓN DE LA TEMPORADA DE COSECHA

RESUMEN: La falta de conocimiento sobre el ciclo de arrurruz puede provocar pérdidas en la producción, ya que la cosecha temprana puede causar pérdidas al no alcanzar el nivel máximo de acumulación de materia seca en los rizomas y la cosecha tardía aumenta la tasa de pudrición de los rizomas, disminuyendo su calidad. . El objetivo de este trabajo fue determinar el efecto de la temporada de cosecha en la productividad y la calidad química del almidón de arrurruz. Se usaron rizomas de arrurruz, cosechados en cinco estaciones diferentes (253, 273, 295, 314 y 336 días después de la siembra). En el campo, el experimento se instaló en septiembre de 2016 a agosto de 2017 en el municipio de Lavras-MG en un diseño de bloques al azar, con tres repeticiones. En el laboratorio, los experimentos se llevaron a cabo en un diseño completamente al azar con tres repeticiones, se evaluaron el rendimiento de extracción, la composición próxima, la cantidad de almidón purificado y el análisis por microscopía electrónica. Los efectos cuantitativos se ajustaron a un modelo de regresión. Se realizaron análisis factoriales múltiples y análisis factoriales. El tiempo de cosecha del arrurruz interfiere con las características agronómicas del rizoma, el almidón y la composición química del almidón de arrurruz. La cosecha de variedad de arrurruz a los 336 días después de la siembra fue la más favorable, ya que mostró una mayor productividad de rizoma (61.31 Mg ha^{-1}) y almidón (15.25 Mg ha^{-1}) por área,

además de tener un mayor rendimiento, pureza de almidón (99.02%) y menor contenido de fibra (0.36%).

PALABRAS CLAVES: Almidón, Verduras no convencionales, *Maranta arundinacea* L.

INTRODUÇÃO

O amido é uma importante reserva de energia para os vegetais, e sua aplicação em alimentos processados tem sido foco de estudos. Nos últimos anos, a extração do amido de partes subterrâneas de determinadas plantas adquiriram amplo foco pela capacidade de aplicação (SJÖÖ; NILSSON, 2018). O uso de novas fontes com recursos de processamento industrial tem despertado a atenção, uma vez que poderia influenciar esse mercado devido suas características físico-químicas e funcionais, para manter e/ou reforçar as propriedades dos seus produtos (SOUZA et al., 2019b).

Na natureza existem diversas espécies vegetais como fontes de amido, algumas mais conhecidas e utilizadas, tais como tuberosas e raízes, e outras cujas propriedades ainda não foram totalmente determinadas, como a araruta (*Maranta arundinacea* L.).

Essa espécie vem atraindo interesses das indústrias que produzem amido no Brasil, uma vez que suas propriedades diferenciadas em produtos de panificação são utilizadas como alimentos para crianças, idosos ou pacientes com distúrbios intestinais, pela à sua fácil digestibilidade. Além disso, por não conter glúten, tem sido uma solução para dietas especiais para celíacos (GUILHERME et al., 2019).

Apesar do potencial econômico e nutricional, são escassas as informações técnicas disponíveis referentes às recomendações de manejo fitotécnico, como adubação, espaçamento, irrigação, controle de pragas, doenças e plantas invasoras, assim como seus efeitos na produção de rizomas e fécula (SOUZA et al., 2016; SOUZA et al., 2019a). Habitualmente, tem sido necessário adaptar o manejo da cultura com espécies que apresentam características

semelhantes assim como a batata, a batata doce e a mandioca.

As informações sobre a araruta são limitadas até mesmo com relação ao ciclo cultural. Apesar de ser considerada uma espécie perene, comercialmente é cultivada como anual, entretanto na literatura não há um consenso para a época ideal de colheita, variando de 6 a 15 meses após plantio (BRASIL, 2010; FERRARI et al., 2005; MORENO et al., 2017).

O cultivo de qualquer espécie em determinados locais deve ser precedido do conhecimento do seu comportamento em função da época de colheita. O desconhecimento do comportamento de uma espécie pode levar o produtor a colher em períodos considerados desfavoráveis. Com a colheita antecipada pode não ser atingido o nível máximo de acúmulo de matéria seca nos rizomas (característica relacionada com o teor de amido), enquanto que realizá-la tardiamente pode aumentar a incidência de pragas e doenças, diminuindo assim, a qualidade dos mesmos, além de se manter a área de plantio ocupada por

um tempo superior ao necessário (VÍTOR et al., 2015).

Na literatura são relacionadas à importância entre produtividade e qualidade do amido nas culturas em função de épocas de colheita (FERRARI et al., 2005; OLIVEIRA et al., 2017). Diante disso, objetivou-se com o trabalho, determinar o efeito da época de colheita sobre produtividade agrônômica e na qualidade química da fécula de araruta.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido entre os meses de setembro de 2016 a agosto de 2017, na área experimental localizada no município de Lavras (21 ° 14' S, longitude 45 ° 00' W e altitude de 918,8 m). O clima da região, segundo a classificação climática de Köppen é Cwb mesotérmico (ÁLVARES et al., 2013). Durante a realização do experimento a temperatura média do ar foi de 20,9 °C, e as médias mínimas e máximas foram de 16 e 27,7 °C, respectivamente. A umidade média relativa do ar foi 70,21% e o total da precipitação pluvial de 1.045,9 mm.

Com base na análise química do solo (Tabela 1) não houve necessidade de calagem, a adubação de plantio foi incorporada na cova e 75 dias após o plantio foi feita a adubação de cobertura distribuída próxima à planta com incorporação superficial,

conforme recomendações Souza et al., (2018) para cultura, com sulfato de amônio, superfosfato simples e cloreto de potássio. Não houve irrigação e o controle fitossanitário e os demais tratos culturais foram realizados de acordo com a necessidade da cultura.

Tabela 1. Análise da área experimental nos atributos químicos e físicos da camada de 0 a 20 cm do Latossolo Vermelho distroférico.

pH (H ₂ O)	K ⁺	P- Mehlich	Al trocável	Ca ²⁺	Mg ²⁺	
6,1	46	4,81	0,10	1,70	0,40	
SB	T	Matéria orgânica	Argila	Silte	Areia	V
2,22	4,54	1,18	36	18	46	48,85
S	Zn ²⁺	Fe ²⁺	Mn ²⁺	Cu ²⁺	B	
14,55	1,32	93,60	26,60	1,18	0,33	

O preparo do solo foi realizado de forma convencional, com uma aração e duas gradagens, e os canteiros levantados com auxílio de um rotoencateirador nas dimensões de 1,25 metros de largura por 0,25 metros de altura. Foram utilizados rizomas de araruta variedade seta, oriundos da coleção de germoplasma de hortaliças não convencionais da Universidade Federal de Lavras. Os rizomas depois de selecionados, foram cortados com

cerca de 40 g, sendo plantados no espaçamento de 40 cm entre linhas e 50 cm entre plantas, resultando em 5 plantas m⁻² (SOUZA et al., 2018). O experimento foi instalado no campo em delineamento em blocos casualizados com três repetições. O fator estudado foram épocas de colheita, sendo essas realizadas aos 253, 273, 295, 314 e 336 dias após o plantio (DAP) de acordo com trabalhos realizadas com a cultura (BRASIL, 2010;

FERRARI et al., 2005; MORENO et al., 2017; SOUZA et al., 2019a; SOUZA et al., 2019b). Cada parcela possuía 15 plantas, ou seja, três linhas por parcela com cinco plantas por linha. Para evitar a influência dos tratamentos aplicados nas parcelas vizinhas, foi considerado o efeito bordadura, utilizando-se assim três plantas úteis por parcela (plantas centrais da parcela).

Em cada colheita, foi avaliada a produtividade total de rizomas e estimado em Mg ha⁻¹. Após a colheita os rizomas foram lavados com a finalidade de remoção da terra aderida e das sujidades, selecionados pela

ausência de injúrias e deformação (SOUZA et al., 2019b). Em laboratório as análises foram conduzidas em delineamento experimental inteiramente casualizado com três repetições para cada tratamento.

Para extração da fécula, os rizomas foram pesados e triturados com água destilada de acordo com metodologia de Daiuto e Cereda, (2003). Sendo o rendimento de fécula (RF) determinado pela equação 1 e a quantificação de amido purificado presente na fécula (QA) seguindo as normas do Instituto Adolfo Lutz (2008).

$$\text{Rendimento de fécula [RF](\%)} = \frac{\text{Peso de fécula extraída (g)} \times 100}{\text{Peso de rizoma triturado (g)}} \quad (1)$$

Para caracterizar a fécula foram realizadas as seguintes análises: umidade pelo método gravimétrico, baseado na perda de peso do material submetido ao aquecimento em estufa a 65 °C, até peso constante. O extrato etéreo foi determinado utilizando o método de extração contínua em aparelho de "Soxhlet", utilizando-se como solvente o éter etílico. O resíduo

mineral fixo (cinzas) foi determinado pela calcinação da amostra em mufla a 550 °C, até obtenção de cinzas claras. O valor de proteína bruta foi obtido pelo método "Kjeldahl" por meio da determinação do nitrogênio do alimento. A fração fibra foi determinada segundo o método gravimétrico, após digestão em meio ácido, e a fração glicídica foi obtida por

diferença de 100% da soma dos demais componentes, segundo a equação 2 (HOROWITZ, 2016).

$$FG = 100 - (U + EE + P + FB + C) \quad (2)$$

Onde: FG: fração glicídica; U: umidade; EE: extrato etéreo; P: proteína; FB: fibra bruta e C: cinzas

Foi determinado o tamanho dos grânulos da fécula de araruta, utilizando microscópio eletrônico de varredura, MEV LEO 40, pela escala de medida da fotografia eletrônica (FERNANDES et al., 2019)

Os resultados foram analisados com observações de médias e desvio padrão, e as avaliações submetidas à análise de variância. A precisão experimental foi analisada pelo coeficiente de variação (CV), e a análise estatística realizada com auxílio do software R. As médias qualitativas foram comparadas pelo teste de Scott e Knott (1974) a 5% de probabilidade e para os efeitos quantitativos os dados foram ajustados a um modelo de regressão.

Foi realizado análise de múltiplos fatores (multiple factor analysis- MFA) e

análise fatorial. Os resultados das análises foram realizados no software R, pelo pacote MVar.pt versão 2.0.0 (OSSANI; CIRILLO, 2018).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A época de colheita influenciou na produtividade e na porcentagem de tamanhos de rizomas pequenos e médios, enquanto que para a quantidade, peso e porcentagem de tamanhos de rizomas grandes não apresentaram diferenças significativas entre as cinco épocas de colheita (Tabela 2). Independente da época de colheita, a cultura apresentou médias de 24,55 (\pm 2,69) rizomas planta⁻¹, peso de 44,57 (\pm 3,74) g rizoma⁻¹ e 12,46 (\pm 2,64)% dos rizomas com mais de 20,01 cm de comprimento.

Tabela 2. Análise de médias para as variáveis agronômicas: número, peso e tamanho de rizomas de acordo com a classificação de Zárate e Vieira (2005), em função da colheita em diferentes dias após o plantio (DAP).

Colheita (DAP)	Número de rizomas (unidade planta ⁻¹)		Peso de rizoma (g rizoma ⁻¹)		Porcentagem de tamanho de rizomas					
	<12 cm	12,01 a 20 cm	> 20,01 cm							
253	20,56	a	44,39	a	31,63	c	51,29	a	17,08	a
273	26,00	a	44,13	a	44,05	b	45,33	a	10,62	a
295	23,22	a	39,41	a	54,45	a	34,48	b	11,07	a
314	25,56	a	49,96	a	41,95	b	46,71	a	11,34	a
336	27,41	a	45,00	a	57,91	a	29,91	b	12,18	a
CV (%)	21,28		17,59		21,07		27,21		47,28	

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Scott e Knott ao nível de 5% de probabilidade.

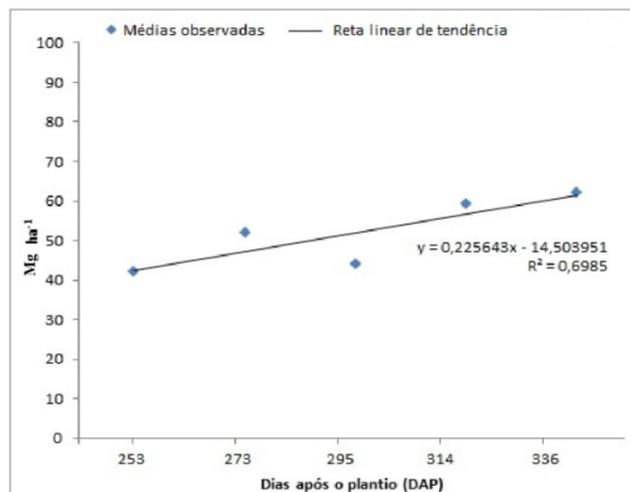
Zárate e Vieira (2005) trabalhando com araruta da variedade comum em Dourados-MS estudaram três tipos de propágulos formados por diferentes partes dos rizomas com objetivo de avaliar a capacidade produtiva da cultura. Entretanto não observou diferença em algumas características dos rizomas, como tamanho de rizomas grandes, o que permitem concluir que esses caracteres são intrínsecos da espécie, do clone utilizado e da forma de condução da cultura.

No entanto a porcentagem de tamanho de rizomas pequenos e médios (<12 cm e de 12,01 a 20 cm)

variou ao longo do tempo, o que era fator esperado, visto que quanto maior a permanência da cultura no campo, maior é o acúmulo de matéria seca nos rizomas e formação de novos propágulos.

Os dados de produtividade total de rizomas estimado ajustaram-se ao modelo de regressão linear, ou seja, crescimento contínuo ao longo do DAP, variando de 42,58 a 61,31 Mg ha⁻¹ (Figura 1). A produtividade média de 57,70 (± 3,38) Mg ha⁻¹ obtido por Souza et al. (2018) colhendo araruta variedade seta aos 309 DAP, corroboram com a equação linear.

Figura 1. Médias observadas e equação ajustada aos dados de produtividade de rizomas em função da época de colheita da araruta.



Após as colheitas foi realizado o processamento dos rizomas, visto que o produto comercial relativo ao cultivo da araruta é a fécula. A colheita com menor eficiência na extração foi realizada aos 253 DAP, sendo que a extração mais eficiente ocorreu quando os rizomas foram colhidos aos 336 DAP (21,21%), conforme Figura 2. Resultados semelhantes ao estudo de Leonel et al., (2002) trabalhando com araruta variedade comum colhida aos 12 meses, com rendimento de 21,34%.

A curva estimada confirma a afirmação de Ferrari et al. (2005), na qual o máximo de extração de amido é observado quando já se inicia o apodrecimento dos rizomas. Os

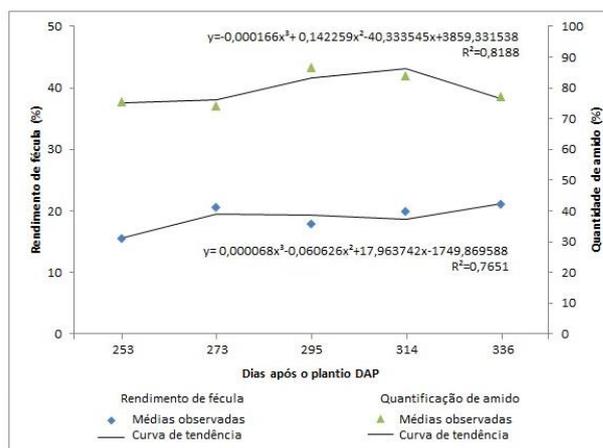
resultados obtidos mostram um bom rendimento prático, visto que o rendimento da indústria brasileira de amido de mandioca é considerado altamente eficiente com 33,5% de rendimento de extração (Fabiano et al., 2020).

Para a quantidade de amido na fécula observou-se um aumento de 74,95 a 86,13%, entre os períodos de colheita de 253 a 314 DAP, respectivamente (Figura 2). Após esse período ocorreu um decréscimo na quantidade de amido (76,46%). A época de colheita influencia na extração do amido seja devido às condições edafoclimáticas da região ou pela própria fisiologia do vegetal.

Como exemplo o teor de fibra dos rizomas que pode interferir no processo de extração da fécula

alterando o rendimento final do produto (LEONEL et al., 2002).

Figura 2. Médias observadas e estimadas do rendimento de fécula e quantificação de amido de araruta em função da época de colheita.



Os fatores climáticos são imprescindíveis para entender os processos fisiológicos dos vegetais, diante disso, a Tabela 3 apresenta dados climatológicos antecipando

cada colheita. Observa-se que as temperaturas, precipitação e umidade relativa do ar diminuem linearmente de uma colheita para outra, enquanto que as horas de insolação diária aumentam.

Tabela 3. Dados climatológicos da estação meteorológica da Universidade Federal de Lavras, referente às médias de 20 dias antecipando cada colheita.

Colheita (DAP)	Temperatura (°C)			Precipitação (mm dia ⁻¹)	UR (%)	Insolação (horas dia ⁻¹)
	Mínima	Média	Máxima			
253	15,1	19,0	25,0	2,9	78,8	5,8
273	13,5	18,6	25,9	1,5	76,2	7,8
295	11,6	16,1	22,8	0,0	72,4	7,9
314	11,3	16,7	23,9	0,0	65,1	7,9
336	11,6	17,6	25,3	0,0	64,4	8,4

O aumento do fotoperíodo pode ter sido um dos fatores relevante na

produtividade e acúmulo de amido a partir de 295 DAP. Segundo Taiz et al.

(2017), a luz é um dos recursos críticos para planta e se recebida em escassez ou em excesso pode limitar os processos fisiológicos responsáveis pelo crescimento e desenvolvimento da cultura. Isso implica que as plantas necessitam de uma quantidade ideal de luz para ter um máximo desenvolvimento.

Em culturas tuberosas a temperatura e o fotoperíodo são os principais fatores abióticos que influenciam o início do processo de tuberização, dias mais longos podem favorecer rendimentos maiores pelo aumento da área foliar e duração do ciclo da planta, enquanto que as temperaturas elevadas inibem fortemente esse processo. Há efeito compensatório entre comprimento do dia e temperatura, permitindo, assim, a produção em locais em que um destes fatores isoladamente não permitiria a tuberização (ERPEN et al., 2013).

Também a partir 295 DAP houve redução da umidade relativa do ar e ausência de precipitação, esses fatores podem contribuir para aumentar o teor de matéria seca dos rizomas. Segundo

Valeriano et al. (2018) a exposição de plantas ao estresse hídrico, por sua vez, induz ao declínio do potencial de água na folha, da condutância estomática e do fluxo de CO₂, podendo representar um impacto adverso sobre o acúmulo de fotoassimilados e produtividade.

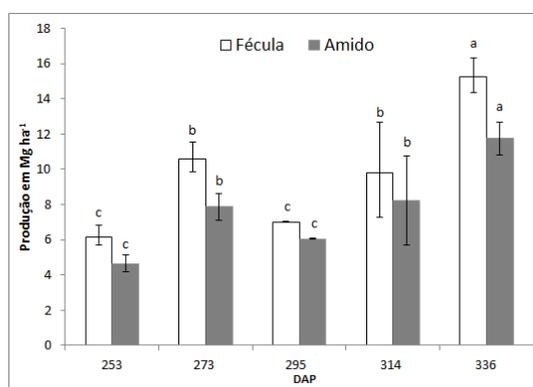
Na indústria de processamento de mandioca há grande interesse por variedades que apresentem maior teor de matéria seca, pois estão relacionadas a maior teor de fécula e farinha, rendimento e redução da quantidade de água residual, durante o processamento. Esse efeito é decorrente do aumento da produtividade de raízes tuberosas e da porcentagem de matéria seca em raízes (OLIVEIRA et al., 2010).

Diante a combinação dos dados de produtividade de rizomas, rendimento de fécula e quantidade de amido estimou-se a produtividade média de fécula e de amido purificado A colheita realizada aos 336 DAP apresentou a maior produtividade de 15,25 (\pm 1,06) Mg ha⁻¹ e 11,74 (\pm 0,92) Mg ha⁻¹ de fécula e amido purificado respectivamente, seguido pelos

tratamentos colhidos aos 273 e 314 DAP, que não diferiram entre si, com médias de 10,20 ($\pm 1,96$) Mg ha⁻¹ de fécula e 8,04 ($\pm 1,68$) Mg ha⁻¹ de amido purificado. Já os tratamentos com menor produtividade foram os

colhidos em 253 e 295 DAP, que também não diferiram entre si, com média de 6,99 ($\pm 0,61$) Mg ha⁻¹ de fécula e 6,05 ($\pm 0,82$) Mg ha⁻¹ de amido purificado (Figura 3).

Figura 3. Valor estimado para produtividade de fécula e amido purificado em função da época de colheita.



Onde: Colunas com a mesma coloração, seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si segundo o teste Scott e Knott.

Devido a maior eficiência na extração a produtividade de fécula e amido são superiores aos trabalhos encontrados na literatura. Como é o caso de Souza et al. (2018) trabalhando com araruta variedade seta colhido aos 309 DAP em diferentes manejos agrônomico, na qual o manejo mais produtivo obteve 7,49 Mg ha⁻¹ de fécula e 6,35 Mg ha⁻¹ de amido com uma produtividade no campo de 55,31

Mg ha⁻¹ de rizomas, o baixo rendimento pode estar relacionado com o período de estiagem, atípico para a região que prejudicou o desenvolvimento inicial dos rizomas dificultando assim sua extração posteriormente.

Para a caracterização da fécula de araruta os resultados obtidos apresentaram diferenças quanto à composição centesimal entre as

épocas de colheitas (Tabela 4). Os teores de cinzas, proteínas e extrato etéreo foram encontrados em baixas quantidades (valores inferiores a 1%), indicando que o processo de extração foi eficiente; conseqüentemente, a fécula obtida apresentou grau de pureza satisfatório; 98,01; 97,92; 98,79; 98,94 e 99,02% de carboidratos na matéria seca da fécula, respectivamente, nas épocas de

colheita. É importante ressaltar a forte correlação (R^2) negativa (-0,9294) entre o teor de fibras e a pureza da fécula, sugerindo que à medida que as fibras diminuíram devido ao maior acúmulo de amido nos rizomas, possivelmente em decorrência da menor retenção física do amido no resíduo fibroso a extração da fécula se tornou mais eficiente.

Tabela 4. Análise de médias para a composição centesimal da fécula em base seca, em função da época de colheita em dias após o plantio (DAP).

Colheita (DAP)	Umidade	Extrato etéreo	Cinzas	Proteína	Fibra	FG
253	2,68 c	0,12 c	0,31 a	0,07 b	1,06 a	95,77 b
273	10,12 a	0,57 a	0,23 b	0,07 b	1,00 a	88,01 d
295	1,53 d	0,13 c	0,24 b	0,05 b	0,77 b	97,28 a
314	1,57 d	0,15 c	0,27 a	0,07 c	0,55 c	97,39 a
336	4,28 b	0,22 b	0,27 a	0,09 a	0,36 d	94,78 c
CV (%)	3,46	10,62	7,34	0,50	6,94	0,17

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Scott e Knott ao nível de 5 % de probabilidade.

As diferenças observadas em relação às épocas de colheitas avaliadas, embora apresentando algumas diferenças estatísticas, acarretam em diferenças numéricas muito pequenas, porém para variável umidade observou-se que na colheita realizada aos 273 DAP obteve valor

mais distinto, o que pode estar relacionado com a etapa de secagem da fécula após a extração. Contudo, considerando os limites estabelecidos pela legislação brasileira, todas as féculas estão dentro dos padrões com no máximo 14% de umidade (valor satisfatório, pois evita desenvolvimento

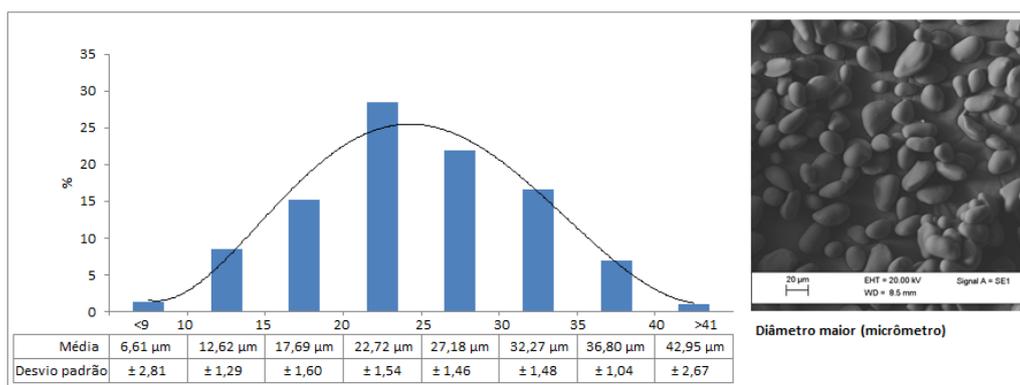
de microrganismos) e 0,5% de cinzas (BRASIL, 1978).

A análise de microscópica dos grânulos, da fécula de araruta mostrou que não houve diferença quanto ao tamanho e a forma entre épocas de colheita. Os grânulos apresentam estrutura lisa, sem apresentar porosidade superficial ou irregularidades, o que demonstra grânulos íntegros e não danificados,

com formato predominante circular e ovoide conforme observado por Souza et al., (2019b).

Os grânulos apresentaram uma distribuição que varia de 4 a 48 μm , sendo observada uma distribuição homogênea, com predomínio de grânulos na faixa de 20 a 35 μm , com tamanho médio de 22,72 ($\pm 1,54$) μm (Figura 4).

Figura 4. Distribuição de tamanho (diâmetro maior em micrômetro) e fotomicrografias de MEV dos grânulos de amido de araruta. Aumento de 600x e escala de 20 μm .

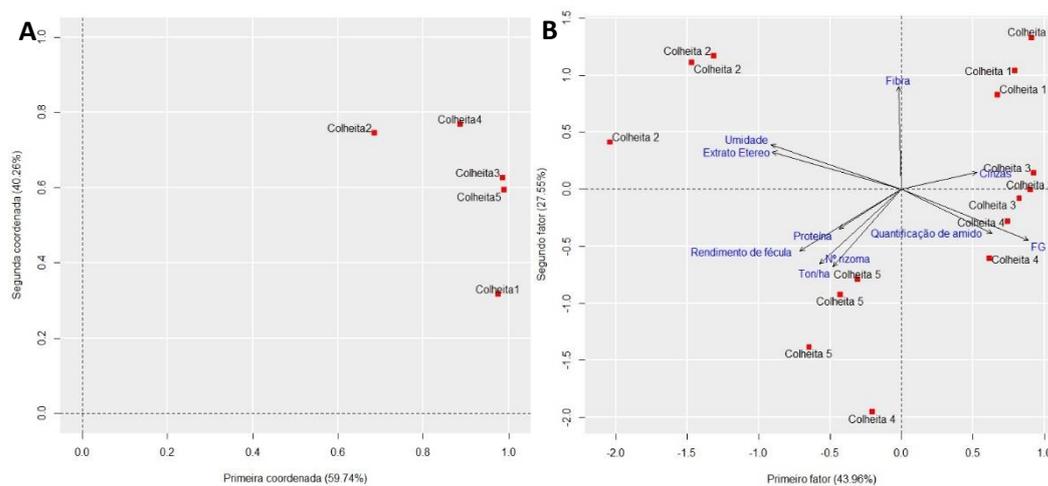


A análise de múltiplos fatores (MFA) observou a similaridade entre as cinco épocas de colheita levando em consideração as características de produtividade, rendimento de extração, quantidade de amido e composição centesimal da fécula de

araruta. As análises foram explicadas em um espaço bidimensional, se tratando da inércia parcial de cada colheita, interpretada como a quantidade de variação restituída em cada componente inerente da análise global, a primeira componente

relaciona-se à melhor explicação com 59,74% da variação total (Figura 5A).

Figura 5. (A) Coordenadas principais da similaridade entre as cinco épocas de colheita de araruta; **(B)** Associação das cinco épocas de colheita estudadas com as características de produção do e as variáveis químicas de araruta.



Nota-se uma forte similaridade entre as colheitas 1, 3 e 5; a quarta colheita (314 DAP) apresenta alta similaridade, enquanto que a segunda colheita (273 DAP) tem similaridade moderada em relação com a primeira componente principal, assim pode-se dizer que a segunda colheita se diferencia das demais. Já na segunda componente, a primeira colheita apresentou menor similaridade em relação às outras. Essa divergência observada entre as componentes

principais sugere que em algumas situações o comportamento apresenta oscilações nas diferentes épocas de colheita (Figura 5A).

A explicação da variância total atribuída aos dois fatores foi de 71,51% e de acordo com a Figura 5B é possível observar que no primeiro fator as correlações entre as variáveis: rendimento de fécula (-0,713) e quantidade de amido (0,637) são moderadas e inversas, ou seja, à medida que se aumenta o rendimento

ocorre uma redução na quantidade de amido na fécula, e vice-versa.

Em contrapartida quando se leva em consideração apenas o segundo fator as variáveis tem correlação média em módulo (-0,542 e -0,386), esses dados corroboram com a Figura 2, e sugerem que há situações nos dados onde existe uma correlação direta entre o rendimento de fécula com a quantidade de amido, embora na maioria das vezes essa relação seja inversa, apresentada pelo primeiro fator.

A quantidade de amido também interage com o teor de fibra, no primeiro fator o teor de fibra apresenta uma magnitude irrelevante de modo a sugerir pouca interação com todas variáveis, mas no segundo fator o teor de fibras possui uma relevância maior na quantificação do amido de modo inverso, ou seja, quando aumenta a quantidade de amido na fécula o teor de fibra reduz, o oposto também ocorre, aqui também sugere que há situações nos dados onde o teor de fibra possui forte relação com todas as variáveis, mas na maioria das vezes

(primeiro fator) essa relação é irrelevante.

O número de rizomas, produtividade, rendimento de fécula e proteína, independente do fator observado, são variáveis que respondem conjuntamente. Para Oliveira et al. (2010) há uma tendência entre a produtividade das raízes de mandioca e rendimento de farinha, em que as variações climáticas principalmente o índice pluviométrico interagem com o comportamento fisiológico das plantas.

Na análise de múltiplos fatores não houve diferenças entre as colheitas, exceto para a colheita realizada aos 273 DAP, que apresentou a menor similaridade, essa distinção pode estar relacionada com variáveis da composição centesimal (umidade, extrato etéreo e fração glicídica) e características da produção.

No campo foi observado que as duas primeiras colheitas foram realizadas em períodos com precipitação, há ocorrência de chuvas nessas épocas acelera o metabolismo da planta e conseqüentemente a

produção de metabolitos presentes na fécula. Ainda durante esse período foi observado que as temperaturas máximas também foram altas, provavelmente fazendo com que o ciclo de crescimento e desenvolvimento da planta fosse reduzido, acarretando, portanto em uma queda na produtividade.

A análise fatorial estabeleceu as correlações entre as variáveis, mostrando como as mesmas se comportam na presença umas das outras, porém o teste de Scott e Knott e o modelo de regressão mostraram como as variáveis se comportam nas colheitas individualmente, mas não se pode esquecer que embora as relações fossem feitas individualmente pelos testes, mas efetivamente cada variável mostrou a sua dependência em relação às outras variáveis pela análise fatorial. Assim as diferenças encontradas em cada colheita sofreram a influência das variáveis relacionadas, indubitavelmente. As figuras apresentadas vêm colaborar com que foi dito na análise fatorial, sobre o comportamento das variáveis.

CONCLUSÃO

A época de colheita da araruta interfere nas características agronômicas de produtividade de rizomas, fécula e na composição química da fécula de araruta.

A colheita da araruta variedade seta aos 336 dias após o plantio foi o mais propício, por apresentar maior produtividade de rizomas ($61,31 \text{ Mg ha}^{-1}$) e fécula ($15,25 \text{ Mg ha}^{-1}$) por área; além de apresentar maior pureza na fécula (99,02%) e menor teor de fibra (0,36%).

REFERÊNCIAS

- ÁLVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONCALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Koppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, p. 711-728, 2013.
- BRASIL. Decreto nº 12.486, de 20 de outubro de 1978. **Normas técnicas especiais relativas a alimentos e bebidas**. Diário Oficial do Estado de São Paulo, SP. p. 20,1978.
- BRASIL. **Manual de Hortaliças Não-Convencionais**. 2010. 99 p.
- DAIUTO, E.R.; CEREDA, M.P. Amido como suporte na desidratação por atomização e em

microencapsulamento. São Paulo: Fundação Cargill, p. 449-475, 2003.

ERPEN, L.; STRECK, N.A.; UHLMANN, L.O.; FREITAS, C.P.O.; ANDRIOLO, J. L. Tuberação e produtividade de batata-doce em função de datas de plantio em clima subtropical. **Bragantia**, v. 72, n. 4, p. 396-402, 2013.

FABIANO, P.B.; MARNEY, C.P.; MARCO, H.N. Comparison of arrowroot and cassava starch extraction in separation, concentration, and purification using a rotating sieve under water. **Engenharia Agrícola**, v. 40, n. 1, p. 90-95, 2020.

FERNANDES, D.S.F.; SANTOS, T.P.R.; FERNANDES, A.M.; LEONEL, M. Harvest time optimization leads to the production of native cassava starches with different properties. **Int. J. of Biological Macromolecules**, v. 132, p. 710-721, 2019.

FERRARI, T. B.; LEONEL M.; SARMENTO S. B. S. Características dos rizomas e do amido de araruta (*Maranta arundinacea*) em diferentes estádios de desenvolvimento da planta. **Braz. J. Food Technol.**, v. 8, p. 93-98, 2005.

GUILHERME, D. O.; BRANCO, F. P.; MADEIRA, N. R.; BRITO, V. H.; OLIVEIRA C. E., JADOSKI, C. J.; CEREDA, M. P. Starch valorization from corm, tuber, rhizome, and root crops. **Starches for food application**, p. 167-222. 2019.

HOROWITZ, W. (Ed.). **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 20th ed., 3rd rev. Gaithersburg, Maryland: AOAC, 3100 p. 2016.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo, p. 1020, 2008.

LEONEL, M.; CEREDA, M.P., SARMENTO, S.B.S. Processamento de araruta (*Maranta arundinacea*) para extração e caracterização da fração amilácea. **Braz. J. Food Technol.**, v. 5, p. 151-155, 2002.

MORENO, L.B.; TORALES, E.P.; HEID, D. M.; ZÁRATE, N.A.H.; ABRÃO, M.S. Influence of plant density and hilling on yield and profitability of arrowroot, **Pesq. Agropec. Trop.**, v. 47, p. 465-471, 2017.

OLIVEIRA, N.T.; UCHÔA S.C.P.; ALVES, J.M.A.; ALBUQUERQUE, J.A.A.; RODRIGUES, G.S. Effect of Harvest Time and Nitrogen Doses on Cassava Root Yield and Quality. **Rev Bras. Cienc. Solo**, v. 41, 2017.

OLIVEIRA, S.P.; VIANA, A.E.S.; MATSUMOTO, S.N.; JÚNIOR, N.S.; SEDIYAMA, T.; JOSÉ, A.R. Efeito da poda e de épocas de colheita sobre características agrônômicas da mandioca. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 32, n. 1, p. 99-108, 2010.

OSSANI, P.C.; CIRILLO, M.A. MVar.pt: Análise multivariada (brazilian portuguese). URL <<https://cran.r-project.org/web/packages/MVar.pt/index.html>>. R package version 2.0.0. 2018.

SCOTT, A. J.; KNOTT, M.A. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, v. 30, p. 507-512. 1974.

- SJÖÖ, M.; NILSSON, L. **Starch in Food: Structure, Function and Applications**. 2nd Edition. Woodhead Publishing, 2018. 916 p.
- SOUZA, D.C.; SILVA, L. F. L.; RESENDE, L. V.; COSTA, P. A.; GUERRA, T. S.; GONÇALVES, W. M.; PEREIRA, T. A. R. Conservação pós-colheita de araruta em função da temperatura de armazenamento. **Magistra**, v. 28, p. 403-410, 2016.
- SOUZA, D.C.; SILVA, L.F.L.; RESENDE, L.V.; COSTA, P.A.; GUERRA, T. S.; GONÇALVES, W.M. Influence of irrigation, planting density and vegetative propagation on yield of rhizomes of starch the arrowroot. **Rev. Ciênc. Agr.**, v. 41, p. 683-691, 2018.
- SOUZA, D.C.; COSTA, P.A.; SILVA, L.F.L.; GUERRA, T. S.; RESENDE, L.V.; PEREIRA, J. Productivity of Rhizomes and Starch Quantification in Cultures of Different Vegetative Propagules of Arrowroot. **Journal of Agricultural Science**, v. 11, 2019a.
- SOUZA, D.C.; SILVA, R.J.; GUERRA, T.S.; SILVA, L.F.L.; RESENDE, L.V.; PEREIRA, J. Characterization of arrowroot starch in different agronomic managements. **Revista Ceres**, v. 66, n. 5, p. 323-332, 2019b.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.; MURPHY, A. **Plant Physiology and Development** 6. ed. São Paulo: Artmed,. 888 p. 2017.
- VALERIANO, T.T.; SANTANA, M.J.; JESUS, M. M.; LEITE, L.S. Manejo de irrigação para a alface americana cultivada em ambiente protegido. **Native**, v. 6, p. 118-123, 2018.
- VÍTOR, L. A.; ARCHANGELO E.R.; JÚNIOR T.R.; SOARES, M.M.; VIEIRA, F.L.; MADEIRO, I.C. Produtividade e qualidade das raízes da mandioca em função de diferentes épocas de colheita. **Revista Agri-Environmental Sciences**, v. 1, 2015.
- ZÁRATE, N.A.H.; VIEIRA, M. C. Produção da araruta "comum" proveniente de três tipos de propágulos. **Ciência e Agrotecnologia**. v. 29, p. 995-1000, 2005.