

Produção de rizomas e caracterização química da farinha e fécula de araruta sob diferentes manejos agronômicos

Production of rhizomes and chemical characterization of arrowroot flour and starch under different agronomic management

Producción de rizomas y caracterización química de harina y almidón de arrurruz bajo diferentes manejos agronómicos

Recebido: 05/11/2022 | Revisado: 15/11/2022 | Aceitado: 16/11/2022 | Publicado: 23/11/2022

Paula Aparecida Costa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4335-8814>
Universidade Federal de Lavras, Brasil
E-mail: paula-afs2009@hotmail.com

Douglas Correa de Souza

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3956-1342>
Universidade Federal de Lavras, Brasil
E-mail: douglascorrea@gmail.com

Marcelo Henrique Avelar Mendes

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5929-4371>
Universidade Federal de Lavras, Brasil
E-mail: henriquemarcelo16@hotmail.com

Aline da Silva Costa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6294-1346>
Universidade Federal de Lavras, Brasil
E-mail: ascbispo@gmail.com

Thiago Sampaio Guerra

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8313-9408>
Universidade Federal de Lavras, Brasil
E-mail: thiagosampaio Guerra@hotmail.com

Lissa Izabel Ferreira de Andrade

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0254-6026>
Universidade Federal de Lavras, Brasil
E-mail: lissaizabelfa@gmail.com

Joelma Pereira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6110-3914>
Universidade Federal de Lavras, Brasil
E-mail: joper@ufla.br

Luciane Vilela Resende

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2014-4453>
Universidade Federal de Lavras, Brasil
E-mail: luciane.vilela@ufla.br

Elisângela Elena Nunes Carvalho

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1124-8066>
Universidade Federal de Lavras, Brasil
E-mail: elisangelacarvalho@ufla.br

Wilson Magela Gonçalves

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6701-5037>
Universidade Federal de Lavras, Brasil
E-mail: magela@dag.ufla.br

Resumo

A araruta é uma hortaliça não convencional que produz rizomas com alto teor de amido, isenta de glúten e possui elevado valor de mercado, todavia informações técnicas sob o cultivo da cultura são escassas na literatura. Objetivou-se com esse trabalho avaliar a produtividade de rizoma, rendimento e características químicas da farinha e fécula de araruta, variedade 'Comum', em função de diferentes formas de cultivos. O experimento foi conduzido em delineamento de blocos casualizados, em esquema fatorial 2 x 2 x 2 (sendo avaliado as mudas produzidas por rizomas entre 30 - 59 e entre 60 - 100 g; adubação orgânica e convencional; fontes de recomendações de adubação A₁ e A₂). Foram avaliados o teor de umidade, cinzas, proteína e quantidade de amido puro para a farinha e fécula, além de extrato etéreo para fécula. As recomendações seguindo A₁ se mostraram mais eficazes tanto para produção de farinha,

quanto de fécula de araruta, resultando em maiores teores de amido puro e menores de contaminantes, sendo que, para a farinha a adubação química se destaca, enquanto para a fécula ocorre o contrário. Os diferentes tamanhos de propágulos, tipo de recomendação e adubação interferem na qualidade da farinha e da fécula de araruta.

Palavras-chave: *Maranta arundinacea* L.; Rizoma; Adubação orgânica.

Abstract

Arrowroot is an unconventional vegetable that produces rhizomes with high starch content, gluten free and has a high market value, however technical information on the cultivation of the crop is scarce in the literature. The objective of this work was to evaluate the rhizome yield, yield and chemical characteristics of arrowroot flour and starch, 'Common' variety, as a function of different forms of cultivation. The experiment was carried out in a randomized block design, in a 2 x 2 x 2 factorial scheme (the seedlings produced by rhizomes between 30 - 59 and between 60 - 100 g being evaluated; organic and conventional fertilization; sources of A1 and A2 fertilization recommendations). The moisture content, ash, protein and amount of pure starch for flour and starch were evaluated, as well as ether extract for starch. The recommendations following A1 proved to be more effective both for the production of flour and arrowroot starch, resulting in higher levels of pure starch and lower contaminants contrary. The different sizes of propagules, type of recommendation and fertilization affect the quality of the arrowroot flour and starch.

Keywords: *Maranta arundinacea* L.; Rhizome; Organic fertilization.

Resumen

El arrurruz es una hortaliza no convencional que produce rizomas con alto contenido de almidón, libre de gluten y de alto valor comercial, sin embargo la información técnica sobre el cultivo del cultivo es escasa en la literatura. El objetivo de este trabajo fue evaluar la productividad, rendimiento y características químicas del rizoma de la harina y almidón de arrurruz, variedad 'Comum', en función de diferentes formas de cultivo. El experimento se realizó en un diseño de bloques al azar, en esquema factorial 2 x 2 x 2 (evaluándose las plántulas producidas por rizomas entre 30 - 59 y entre 60 - 100 g; fertilización orgánica y convencional; fuentes de fertilización recomendaciones A1 y A2). Se evaluó el contenido de humedad, cenizas, proteína y cantidad de almidón puro para la harina y almidón, así como extracto etéreo para el almidón. Las recomendaciones que siguen a A1 demostraron ser más efectivas tanto para la producción de harina como de almidón de arrurruz, resultando en niveles más altos de almidón puro y menos contaminantes. Los diferentes tamaños de propágulos, tipo de recomendación y fertilización interfieren en la calidad de la harina y almidón de arrurruz.

Palabras clave: *Maranta arundinacea* L.; Rizoma; Fertilización orgánica.

1. Introdução

A araruta (*Maranta arundinacea* L.) é uma planta originária de regiões tropicais da América do Sul, com ampla distribuição pelo Brasil. Pertence à família Marantaceae, é uma planta rústica, rizomatosa, herbácea e perene. É propagada via rizomas e seu ciclo pode variar de 9 a 14 meses. A produção de farinha e fécula fazem parte do processamento da cultura, devido ao seu elevado teor de amido (Vieira et al., 2015; De Souza et al., 2020).

Essa espécie já foi largamente cultivada no Brasil, mas sua utilização foi decaindo, quase chegando à seu desaparecimento. A escassez de oferta e as dificuldades no processamento da araruta fizeram com que o setor alimentício a substituísse por outras fontes amiláceas a nível industrial, como a mandioca, milho, trigo e aveia (Vieira et al., 2015).

A farinha de araruta é composta por amido, podendo ser modificada para obtenção de farinha pré-gelatinizada, que se destaca por ser um alimento sem glúten, sendo uma alternativa à farinha de trigo na alimentação de celíacos. Além disso, ela pode ser empregada como espessante em muitos alimentos, como biscoitos e outros produtos de panificação (Ciarfella et al., 2013).

Segundo Harmayani et al. (2011), a composição nutricional da fécula de araruta é praticamente água (11,9 %), cinzas (0,58 %), amilose (25,9 %), proteína (0,14 %), gordura (0,84 %), fibra insolúvel (8,7 %) e fibra solúvel (5,0 %), sendo também a sua farinha um potencial fonte de prebióticos. Esses aspectos conferem a fécula da araruta características e qualidades inigualáveis, sendo leve e de alta digestibilidade. Além disso, o preço desta fécula em mercados nacionais varia entre R\$ 15,00 a 39,00 por kg, o que é mais um motivo para a configuração dessa espécie como uma alternativa na agricultura brasileira (Neves et al., 2005; De Souza et al., 2019).

Mesmo com todos esses benefícios, a pesquisa científica e as informações técnicas sobre a cultura ainda são poucas. Faltam dados confiáveis principalmente em relação às características de cultivo, pelo fato de a produção ser consumida pelos próprios produtores, não havendo comercialização (Souza et al., 2016). Dessa forma torna-se importante os estudos sobre os conjuntos de técnicas e manejos agrônômicos na cultura da araruta, pois podem influenciar nas características químicas da farinha e da fécula oriundas da cultura.

Assim, objetivou-se com esse trabalho avaliar a produtividade de rizoma, rendimento e características químicas da farinha e fécula de araruta da variedade ‘Comum’, em função da produção de mudas, variando o tamanho dos rizomas, os manejos de adubação e os tipos de recomendação de adubação.

2. Metodologia

O experimento foi desenvolvido no setor de olericultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA), situada no município de Lavras – MG, com latitude de 21° 14 ' S, longitude de 45 ° 00 ' W e altitude de 918,8 m. Segundo classificação de Köppen, o clima do local é subtropical das montanhas, apresentando inverno seco e verão chuvoso (Alvares, et al., 2013).

Para produção de mudas foram utilizados rizomas da variedade ‘Comum’, obtidos da Coleção de hortaliças não convencionais da UFLA. O experimento foi conduzido em delineamento de blocos casualizados (DBC), em esquema fatorial 2 x 2 x 2, sendo os fatores estudados: produção de mudas de araruta a partir de rizomas de diferentes tamanhos (mudas produzidas por rizomas entre 30 - 59 g e mudas produzidas por rizomas entre 60 - 100 g); manejos de adubação (orgânico e convencional); e tipos de recomendação de adubação A1, adaptada para cultura de tuberosas (Ribeiro, et al., 1999) e A2, (415 Kg de superfosfato simples, 72 Kg de cloreto de potássio e 125 Kg de sulfato de amônia por hectare), formulação proposta pelo Centro de Raízes e Amidos Tropicais-CERAT, da Universidade Estadual Paulista.

Dessa forma, os tratamentos foram descritos como: T1- A1, rizoma maior, adubação química; T2- A2, rizoma menor, adubação orgânica; T3- A2, rizoma menor, adubação química; T4- A1, rizoma menor, adubação química; T5- A1, rizoma menor, adubação orgânica; T6- A2, rizoma maior, adubação química, T7- A2, rizoma maior, adubação orgânica; T8- A1, rizoma maior, adubação orgânica.

As mudas foram produzidas em sacos plásticos com dimensão de 30 x 30 cm, preenchidos com substrato preparado na proporção de 60 % de substrato comercial Rohrbacher®, 30 % de terra peneirada e 10 % de areia. As mudas foram mantidas em estufa sob irrigação de três vezes ao dia. Aos 106 dias após a produção, as mudas foram transplantadas em área experimental, em um espaçamento de 40 cm entre linhas e 50 cm entre plantas.

Em campo cada parcela experimental continha 12 plantas, sendo que as duas plantas centrais representavam a parcela útil do experimento, enquanto as demais eram utilizadas como bordadura para evitar a influência das parcelas vizinhas.

As plantas receberam adubação de plantio e de cobertura, sendo a segunda realizada 40 dias após transplantio. Para a adubação química foi utilizado superfosfato simples, cloreto de potássio e sulfato de amônia, e para a adubação orgânica foi utilizado esterco de galinha, sendo adicionada nessas parcelas palhada juntamente com a adubação de cobertura.

A colheita ocorreu aos 225 dias após o transplantio. Foi então avaliada a produtividade da planta (rizomas planta-1).

Posteriormente, os rizomas foram levados ao Laboratório de Grãos, Raízes e Tubérculos do Departamento de Ciência dos Alimentos da UFLA para extração de fécula e produção de farinha para realização das análises. No laboratório o experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado com três repetições.

Para extração da fécula e preparação da farinha, os procedimentos iniciais seguiram a mesma metodologia, na qual os rizomas foram cortados em rodela, pesados e triturados com água destilada, na proporção de 1:1, em liquidificador industrial (Lucre, modelo C4, Brasil). Para extração da fécula, esse material foi filtrado em tecido de organza. O resíduo do rizoma foi

separado, enquanto a suspensão foi colocada em repouso (± 16 horas) em ambiente refrigerado (± 5 °C). O sobrenadante foi descartado e a fécula precipitada foi ressuspensa com água destilada, para novamente ser precipitada. Este procedimento de suspensão e decantação da fécula foi repetido até que o produto apresentasse cor e textura característica de fécula. O material foi então seco em estufa de circulação de ar forçado a 45 °C, até atingir massa constante e posteriormente resfriado à temperatura ambiente. A redução a pó foi realizada utilizando-se gal e pistilo, e peneiração em peneira de 0,350 mm e a fécula foi acondicionada em frasco (Daiuto & Cereda, 2003).

Para a preparação da farinha, o produto obtido pela trituração foi seco em estufa de circulação de ar forçado a 45 °C, até massa constante, posteriormente resfriado à temperatura ambiente e triturado em moinho.

Tanto a fécula quanto a farinha foram avaliadas quanto ao seu rendimento, teor de umidade, cinzas, proteínas e quantidade de amido. A fécula também foi avaliada quanto ao teor de extrato etéreo.

O rendimento de extração de fécula (RE) foi determinado pela equação: $RE (\%) = \text{peso do amido extraído (g)} / \text{peso do rizoma triturado (g)} \times 100$. A produção de farinha foi determinada pela mesma equação substituindo-se o peso do amido pelo peso da farinha obtida.

A produção por área (t ha⁻¹) foi estimada através da associação dos dados de produtividade do rizoma, rendimento na extração e quantidade de amido.

O teor de umidade foi determinado pelo método gravimétrico, enquanto a determinação do teor de cinzas foi realizada segundo a técnica de incineração do material em mufla a 550 °C. Já para determinação do extrato etéreo foi utilizado éter etílico como extrato em aparelho extrator de Soxhlet, e para análise de proteínas foi realizada a determinação do nitrogênio total, de acordo com os procedimentos sugeridos pelo método de Kjeldahl (Instituto Adolfo Lutz, 2008).

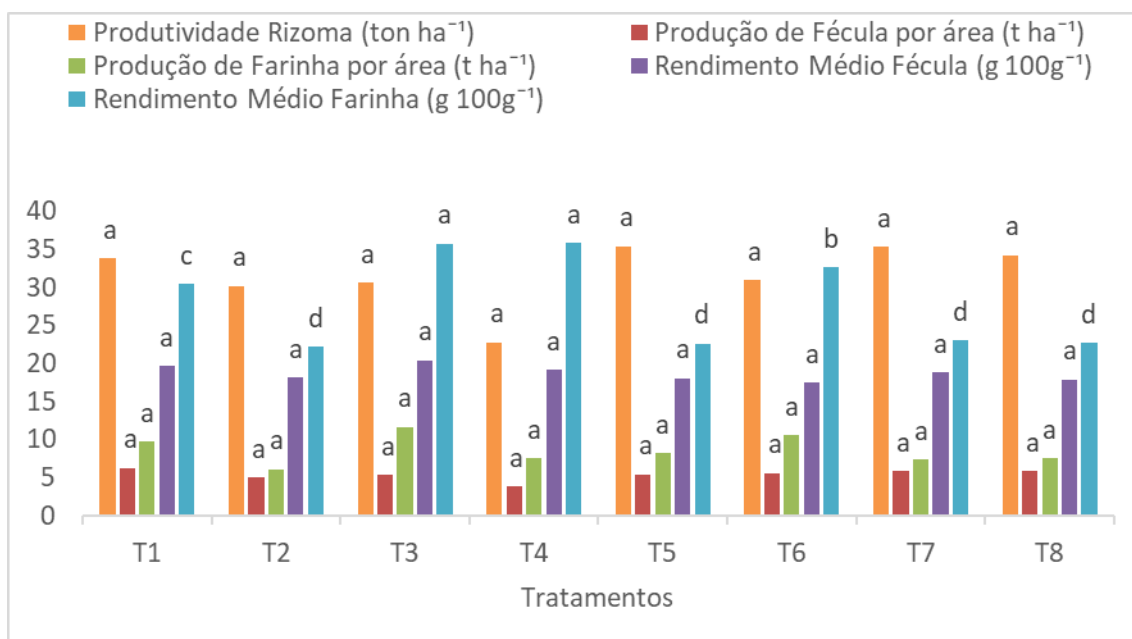
Para quantificação de amido puro as amostras de farinha e fécula passaram por lavagem por meio da remoção do açúcar, autoclavagem, neutralização, desproteínização e medição por leitura em espectrofotômetro a 510 nm (Instituto Adolfo Lutz, 2008). Os resultados foram expressos em porcentagem.

As avaliações foram submetidas à análise de variância (ANAVA) e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de significância, com auxílio do software SISVAR® (Ferreira, 2011).

3. Resultados e Discussão

A interação entre os diferentes fatores estudados, assim como os fatores de forma isolada não apresentaram diferença significativa para produtividade de rizoma, rendimento médio de fécula, para produção de fécula por hectare e para a produção de farinha por hectare, apenas a diferença no rendimento médio de farinha foi significativa (Figura 1).

Figura 1 - Valores estimados para a produtividade de rizoma, produção de fécula por área, produção de farinha por área, rendimento médio fécula, rendimento médio de farinha em função dos tratamentos adotados.



Médias seguidas de letra minúscula são diferentes estatisticamente a 5% de probabilidade, segundo o teste de Scott-Knott. OBS: T1- A₁, rizoma maior, adubação química; T2- A₂, rizoma menor, adubação orgânica; T3- A₂, rizoma menor, adubação química; T4- A₁, rizoma menor, adubação química; T5- A₁, rizoma menor, adubação orgânica; T6- A₂, rizoma maior, adubação química, T7- A₂, rizoma maior, adubação orgânica; T8- A₁, rizoma maior, adubação orgânica. Fonte: Autores (2022).

Os diferentes tratamentos resultaram em média de produtividade de rizoma de 31,62 (\pm 4,15) rizomas planta⁻¹, a qual foi superior a observada por De Souza et al. (2020), que observaram médias de 24,55 (\pm 2,69) rizomas planta⁻¹, estudando o efeito da época de colheita de araruta.

O rendimento médio de fécula entre os tratamentos foi de 18,72 (\pm 1,02) g de fécula para cada 100 g de rizoma processado, valor superior aos descritos por De Souza et al. (2019), ao estudar o efeito do manejo da água, do sistema de plantio e da densidade de plantio na produção de fécula de araruta, que relataram valores entre 6,61 g 100 g⁻¹ a 11,81 (\pm 1,23) g 100 g⁻¹ de rizoma moído.

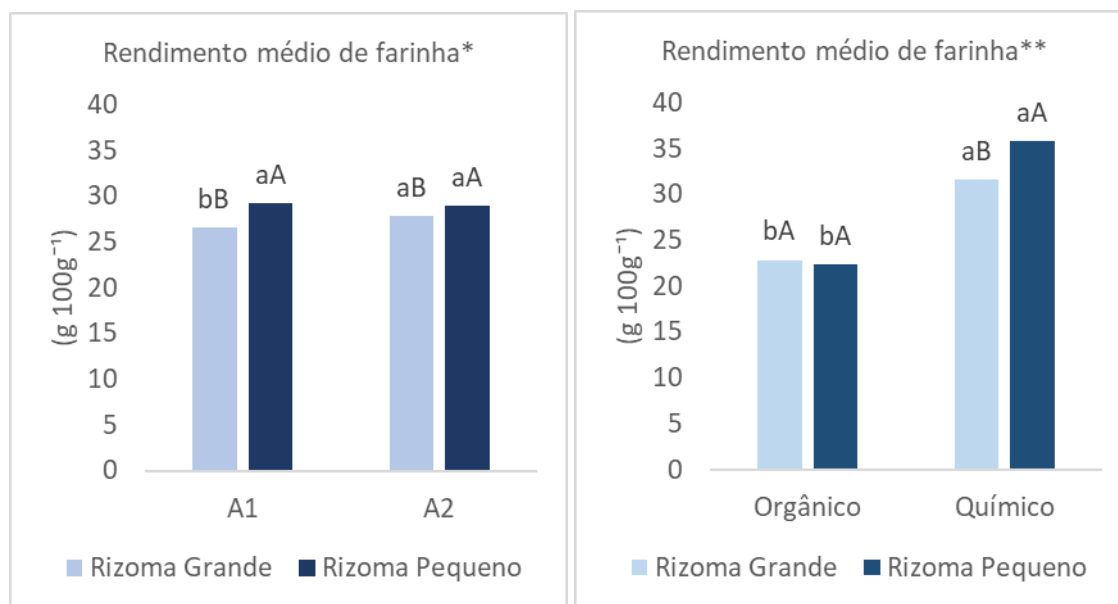
Considerando a produção de fécula em toneladas por hectare, encontra-se que, independentemente da recomendação, do tipo de adubação e tamanho do propágulo, a média de produção foi de 5,38 (\pm 0,73) t ha⁻¹, valor próximo ao maior observado por Souza et al. (2018) de 6,35 t ha⁻¹, com tratamento que utilizou mudas para cultivo de araruta ‘Seta’, sem irrigação e densidade de 50.000 plantas ha⁻¹.

Por outro lado, a média encontrada no presente estudo se mostrou superior as relatadas por Souza et al. (2019) de 4,51 (\pm 0,12) t de fécula por ha quando utilizados rizomas grandes e médios para o plantio, 3,33 t ha⁻¹ utilizando rizomas pequenos e 1,75 t ha⁻¹ com mudas provenientes da micropropagação.

Com relação a produção de farinha por unidade de área, observou-se a média de 8,59 (\pm 1,88) t ha⁻¹.

A média do rendimento de farinha para os tratamentos foi de 28,14 g 100 g⁻¹ (\pm 6,17), entretanto, houve diferença significativa entre os tratamentos, além de interação dupla entre recomendação e tamanho de propágulo e também entre tipo de manejo e tamanho de propágulo (Figura 2).

Figura 2 - Desdobramento das interações ocorridas no fator avaliado rendimento médio de farinha.



* Médias seguidas de letra minúscula dentro de cada tamanho de propágulo e letra maiúscula dentro de cada tipo de recomendação são diferentes estatisticamente a 5% de probabilidade, segundo o teste de Scott-Knott. ** Médias seguidas de letra minúscula dentro de cada tamanho de propágulo e letra maiúscula dentro de cada tipo de manejo de adubação são diferentes estatisticamente a 5% de probabilidade, segundo o teste de Scott-Knott. Fonte: Autores (2022).

Observou-se que independentemente do tipo de recomendação o plantio com rizoma menor se mostrou mais eficiente, com média 29,08 g 100 g⁻¹, já avaliando o tipo de recomendação dentro do tamanho de propágulo utilizado, quando se trata de plantio com rizomas maior, a recomendação A₂ é a mais indicada (27,82 g 100 g⁻¹), já para o rizoma menor não há diferença entre as duas.

Com relação ao tipo de adubação, tanto para cultivo com rizoma menor, quanto para cultivo de rizoma maior o uso de adubos químicos se destacou. Quando avaliado o tamanho de rizoma dentro de adubação orgânica a escolha do rizoma não interfere no rendimento de farinha. Por outro lado, quando utilizada adubação química o propágulo menor proporcionou maior rendimento de farinha (35,80 g 100 g⁻¹), valor superior ao encontrado por Fideles et al. (2019), de 33,68 g 100 g⁻¹, que relatam que variações encontradas para o rendimento de farinha podem ser resultado de diferenças edafoclimáticas, de manejo cultural e também de métodos utilizados para o processamento da mesma.

Diante os resultados, considera-se que os tratamentos que obtiveram maiores rendimentos foram os com plantio de rizomas menores e conduzidos de forma convencional, ou seja, T3 (35,75 ± 0,11 g 100 g⁻¹) e T4 (35,85 ± 1,02 g 100 g⁻¹).

Com relação a composição química dos produtos obtidos a partir dos rizomas de araruta, a interação entre os diferentes fatores estudados foi significativa para todas as características analisadas para farinha (Tabela 1). As farinhas são produtos largamente utilizados pelos brasileiros e a busca por matérias primas alternativas para sua produção são fundamentais, visto que podem proporcionar maior oferta desse alimento, além de opções saudáveis para alimentação (Sá et al., 2018).

Tabela 1 - Interações significativas entre os fatores avaliados (umidade, cinzas, proteína e amido) de farinha de araruta conduzidos com diferentes tratamentos.

		Tamanho maior		Tamanho menor		CV (%)
		Adubação Química	Adubação Orgânica	Adubação Química	Adubação Orgânica	
Umidade	A ₁	9,25aA ^a	10,90bB ^b	9,71bA ^b	9,01aA ^a	3,63
	A ₂	10,49bB ^b	9,82aA ^a	9,01aA ^a	12,61bB ^b	
Cinzas	A ₁	3,39aA ^b	2,92aA ^a	3,47aA ^a	3,66bB ^a	5,28
	A ₂	3,80bA ^a	3,72bB ^a	3,56aA ^b	3,00aA ^a	
Proteína	A ₁	0,55bB ^a	0,53aB ^a	0,68aA ^a	0,65aA ^b	2,47
	A ₂	0,59aB ^a	0,51bB ^b	0,64bA ^a	0,64aA ^a	
Amido	A ₁	57,79bB ^b	63,10aA ^a	62,02aA ^a	62,41aA ^a	2,32
	A ₂	60,98aA ^a	58,79bA ^a	58,78bA ^a	61,17aA ^a	

Médias seguidas de letra minúscula na coluna; letra maiúscula entre tamanhos, de mesmo tipo de adubação, na linha; letra minúscula sobrescrita dentro de tamanhos de rizoma na linha, são diferentes estatisticamente a 5% de probabilidade, segundo o teste de Scott-Knott. Fonte: Autores (2022).

A média dos resultados encontrados para a umidade da farinha foi de 10,1 ($\pm 1,22$) %, diferente do valor encontrado por Fideles et al. (2019) para farinha de araruta bruta (6,53 %). Por outro lado, Sá et al. (2018), avaliando farinhas de inhame e taro, encontraram valores aproximados ao do trabalho, de 8,8 % e 9,71 %, respectivamente.

A umidade do alimento é determinante para sua conservação, visto que altos níveis podem favorecer crescimento microbiano e, conseqüentemente, deterioração do produto, assim, menores teores são desejáveis para melhor qualidade de armazenamento (De Souza et al., 2019). As variações observadas podem ter sido ocasionadas no momento de obtenção das farinhas, em que as amostras que demonstraram maior umidade podem ter sido prejudicadas por uma menor temperatura ou ainda por tempo de secagem insuficiente (Souza et al., 2008).

Apesar do valor superior de umidade encontrado no presente trabalho quando comparado ao relatado por Fideles et al. (2019) para cultura, esse teor atende a Resolução RDC 263/2005, que limita o teor máximo de umidade recomendado para farinhas a 15 % (Brasil, 2005).

Considerando todos os desdobramentos para essa característica, observa-se que os tratamentos que apresentaram melhores resultados foram com o uso de rizomas maiores na adubação química da A₁ (T1- 9,25 \pm 0,20 %) e orgânica da A₂ (T7- 9,82 \pm 0,07%), bem como rizomas menores com recomendação da A₂ química (T3- 9,01 \pm 0,07 %) ou da A₁ orgânica (T5- 9,01 \pm 0,06 %).

Para o teor de cinzas os melhores tratamentos foram os que utilizaram a adubação orgânica da A₁ com rizomas maiores (T8- 2,92 \pm 0,05 %) e da A₂ com rizomas menores (T2- 3,00 \pm 0,14 %), além do químico da A₁ e propágulo menor (T4- 3,47 \pm 0,12 %) (Tabela 1). As amostras analisadas obtiveram uma média 3,44 (\pm 0,32) %, os quais foram inferiores ao observado por Fideles et al. (2019) (4,87 %) e semelhantes aos valores encontrados por Ciarfella et al. (2013) (3,72 %) e a de inhame (3,60 %). Entretanto, foi superior ao valor encontrado para de taro (3,14 %) (Sá et al., 2018).

Não foi encontrada legislação para farinha de araruta. Contudo, a Instrução Normativa nº 52 de 07 de novembro de 2011 da Secretaria da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Brasil, 2011) relata normas para farinha de mandioca,

largamente utilizada no Brasil, determinando o teor máximo de 1,4 % de cinzas para esse produto. Se levada como referência tal Instrução, todas as amostras desobedeceriam a legislação.

De acordo com a legislação, a cinza representa o material mineral presente no produto (Brasil, 2011). Segundo De Souza et al. (2019), o conteúdo de cinzas está relacionado à presença de minerais no alimento, e pode contribuir de forma favorável às propriedades nutricionais da fécula. Entretanto, para Leonel e Cereda (2002) altos teores de cinza na amostra podem indicar falhas no processamento, como irregularidades na lavagem e descascamento, que provocam contaminação na amostra por material estranho.

Para a proteína a média encontrada foi de 0,60 ($\pm 0,06$) %, resultado que contesta os teores desse constituinte na farinha analisada por Fideles et al. (2019), com valor de 6,14 % para farinha bruta, bem como ao de inhame (7,16 %) e taro (5,43 %) (Sá et al., 2018). Segundo Tagliapietra et al. (2019), órgãos como raízes são alimentos energéticos, ou seja, armazenam carboidratos e, conseqüentemente, o teor de proteína é reduzido, o que pode explicar o baixo valor encontrado nas amostras.

Além disso, para Fideles et al. (2019) as diferenças encontradas para essa característica podem ser explicadas pelos variados tipos de materiais genéticos utilizados e as diferentes condições de cultivo. Tagliapietra et al. (2019), estudando a composição de raízes de mandioca submetidas a diferentes níveis de tecnologia, encontraram maior teor de proteína (2,85 %) para o nível alto e o menor para o nível baixo de tecnologia (1,64 %), concluindo que as práticas de manejo adotadas pelos produtores são capazes de influenciar na composição química das raízes.

Observa-se que o tratamento que se mostrou superior para produção de farinha mais proteica no presente estudo foi o químico da A₁, propagado através de rizomas menores (T4- 0,68 \pm 0,03 %). De acordo com Nunes et al. (2016), o teor de proteína pode sofrer aumento de acordo com a adubação nitrogenada utilizada, pois o nitrogênio possui função estrutural e por fazer parte da composição dos aminoácidos, tal elemento está altamente relacionado a proteínas.

Para os valores de amido a farinha apresentou média de 60,63 ($\pm 1,94$) % (Tabela 1), com pequena superioridade quando comparada ao experimento realizado por Fideles et al. (2019) para a cultura, que encontraram teor de 53,61 %, assim como para inhame (56,41 %) e taro (53,25 %) (Sá et al., 2018).

Assim, considera-se que os tratamentos que se mostraram mais eficientes para maior teor de amido na farinha, quando em interação das variáveis estudadas, foram os que utilizaram rizomas maiores seguindo a A₁ orgânica (T8- 63,10 \pm 1,16 %) e A₂ química (T6- 60,98 \pm 0,49 %) e rizomas menores seguindo a A₁ com adubação química (T4- 62,02 \pm 1,53 %) e orgânica (T5-62,41 \pm 0,19 %), além de A₂ com a orgânica (T2- 61,17 \pm 0,41 %).

O teor mínimo de amido puro para mandioca, segundo a legislação para farinha de tal cultura é de 80% (Brasil, 2011), comparado a essa legislação, visto que não foram encontradas legislações para a farinha de araruta, as amostras estudadas apresentaram valores inferiores ao desejado (Brasil, 2011). As variações observadas para o teor de amido podem ser justificadas pelas diferenças edafoclimáticas, de manejo cultural e do processamento das farinhas (Fideles et al., 2019).

Para a fécula de araruta houve interação tripla entre os diferentes fatores estudados para umidade, proteína e quantidade de amido (Tabela 2). Já para extrato etéreo houve interação dupla entre recomendação e adubo e para análise de cinza não houve diferença significativa. Para Souza et al. (2016), o principal produto comercial oriundo da araruta é o amido, sendo esse processamento do rizoma uma estratégia viável por proporcionar baixo teor de umidade e, conseqüentemente, prolongar seu período de armazenamento, além de conservar suas características nutricionais.

Tabela 2 - Interações significativas entre os fatores avaliados (umidade, cinzas, proteína, amido e extrato etéreo) de fécula de araruta conduzidos com diferentes tratamentos.

		Tamanho maior		Tamanho menor		CV (%)
		Adubação	Adubação	Adubação	Adubação	
		Química	Orgânica	Química	Orgânica	
Umidade	A ₁	11,93bB ^b	8,11aA ^a	8,29aA ^a	9,65aB ^b	4,18
	A ₂	7,23aA ^a	8,69aA ^b	12,65bB ^b	9,39aB ^a	
Cinzas	A ₁	0,00aA ^a	0,00aA ^a	0,00aA ^a	0,00aA ^a	95,97
	A ₂	0,00aA ^a	0,00aA ^a	0,00aA ^a	0,00aA ^a	
Proteína	A ₁	0,75bB ^b	0,33aA ^a	0,50aA ^b	0,32aA ^a	4,89
	A ₂	0,46aA ^a	0,47bA ^a	0,50aB ^a	0,51bA ^a	
Amido	A ₁	71,64aA ^a	61,50bB ^b	66,78aB ^b	75,04aA ^a	3,98
	A ₂	70,23aA ^b	75,37aA ^a	68,96aA ^a	60,55bB ^b	
		Adubação Química		Adubação Orgânica		
Extrato	A ₁	0,27aA		0,30aA		9,35
Etéreo*	A ₂	0,36bA		0,34aA		

Médias seguidas de letra minúscula na coluna; letra maiúscula entre tamanhos, de mesmo tipo de adubação, na linha; letra minúscula sobrescrita dentro de tamanhos de rizoma na linha, são diferentes estatisticamente a 5% de probabilidade, segundo o teste de Scott-Knott. *Médias seguidas de letra minúscula na coluna e maiúscula na linha são diferentes estatisticamente a 5% de probabilidade, segundo o teste de Scott-Knott. Fonte: Dos autores (2022).

Os teores de umidade encontrados para a fécula de araruta obtiveram média geral de 9,49 (\pm 1,89) % (Tabela 2), valor igual ao observado por Lima et al. (2019), mas inferior ao encontrado por Ayala Valencia et al. (2015) (15,05 %). Entretanto, esse valor pode ser considerado alto comparado a estudos feitos por De Souza et al. (2019), que encontraram teor médio de umidade de 3,37 (\pm 0,75) % para a fécula de araruta sob diferentes manejos de propagação, irrigação e densidade de plantio.

Maiores teores de umidade são favoráveis ao desenvolvimento de microrganismos como fungos e leveduras, o que prejudica o produto. Esse teor pode estar relacionado com o processo de secagem da fécula após extração (De Souza et al., 2019; De Souza et al., 2020). Para De Souza et al. (2019), as variações nos teores de umidade podem ser explicadas pela precisão do método de extração e pelas diferenças nas características da fécula, como poder de dilatação e distribuição do tamanho dos grânulos.

No presente estudo, os tratamentos que proporcionaram menor teor de umidade e, conseqüentemente, melhor qualidade para conservação, são os que utilizaram a A₁ como base tanto quando em plantio com rizoma maior e adubado de forma orgânica (T8- 8,11 \pm 0,31 %), bem como em multiplicação por menores propágulos e adubação química (T4- 8,29 \pm 0,30 %), além dos que seguem adubação química da A₂, propagados por rizomas de maior massa (T6- 7,23 \pm 0,66 %).

Apesar de estarem relacionadas à presença de minerais totais na amostra, as cinzas representam a fração inorgânica da fécula e podem comprometer sua qualidade (De Souza et al., 2019). No presente trabalho não foi detectada a presença desse constituinte na fécula. De Souza et al. (2019) também observaram baixos teores de cinza (0,04 a 0,15 %) em féculas dessa cultura, resultados que diferiram aos encontrados por outros autores, que foi de 0,31 a 0,64 % (Gordillo et al., 2014; Ayala Valencia et al., 2015; Nogueira et al., 2018).

A média encontrada para proteína na fécula foi de 0,48 (\pm 0,13) %, valor próximo ao visto por Nogueira et al. (2018) (0,40 %), assim como por De Souza et al. (2019) (0,68 %), que relata que durante o processamento de extração da fécula substâncias como as proteínas, extrato etéreo e cinzas podem ser transportados, sendo considerados contaminantes no produto.

Geralmente esses constituintes se apresentam em baixos teores e podem ser prejudiciais a qualidade da fécula (Leonel & Cereda, 2002). Com relação a féculas provindas de culturas típicas, o teor de proteína se encontra comparável ao de araruta do presente trabalho, a exemplo ao de mandioca relatado por Da Silva et al. (2020) com teor entre 0,29 a 0,61 %.

Os tratamentos que se mostraram mais recomendáveis para a redução de proteína na fécula foram aqueles que seguiram a A₁ com adubação orgânica, independentemente do tamanho de rizoma utilizado para propagação (T5- 0,32 ± 0,01 % e T8- 0,33 ± 0,01 %) e ao A₂ com adubação química propagados por rizomas maiores (T6- 0,46 ± 0,00 %).

Com relação ao extrato etéreo, os tratamentos apresentaram média de 0,32 (± 0,04) %, valor que se enquadra entre os relatados por De Souza et al. (2019) (0,21 % a 0,56 %) para a cultura. Os valores foram superiores aos observados por Nogueira et al. (2018) e por Gordillo et al. (2014) (0,12 e 0,20 %, respectivamente). Indo ao encontro dessas pesquisas, Moorthy (2001) denota que valores inferiores a 1 % de extrato etéreo em amidos e féculas são considerados baixos, o que proporciona maior qualidade ao mesmo. Os teores vistos para os tratamentos do presente estudo não ultrapassam esse valor.

Além disso, o teor encontrado para extrato etéreo para a fécula de araruta estudado foi inferior ao encontrado para a fécula de mandioca na literatura, que oscilou de 0,67 a 0,78 (Da Silva et al., 2020). Os únicos tratamentos avaliados que poderiam ser inferiores com relação ao teor de extrato etéreo são aqueles que utilizam a adubação química seguindo recomendações da A₂ (T3- 0,37 ± 0,02 % e T6- 0,34 ± 0,01 %). Os demais se mostraram com menor teor desse constituinte.

De acordo com Rocha et al. (2008), para que a fécula seja considerada com alto grau de pureza, ou seja, com processo de extração eficiente, o somatório do teor de cinzas, proteínas e extrato etéreo deve ser inferior ou igual a 1 %. No presente trabalho apenas o tratamento 1 (A₁, rizoma maior e manejo químico) apresentou valor ligeiramente superior (1,01 %). O somatório para os outros tratamentos se mostrou abaixo desse limite. Para Souza et al. (2019), o grau de pureza da fécula está amplamente relacionado com a qualidade da mesma, pois é uma característica capaz de facilitar as aplicações industriais do produto.

Com relação à quantidade de amido puro verificada, os valores observados obtiveram média de 68,76 (± 5,58) %. Tal média é relativamente baixa quando comparada ao estudo de Souza et al. (2019) que encontraram 85,27 %, que relataram que diferentes tratamentos culturais podem interferir nesse constituinte na fécula de araruta, a exemplo de meios de plantio, densidade de cultivo e condições de irrigação.

Pelos resultados obtidos, percebe-se que para maior quantidade de amido puro na fécula de araruta devem ser utilizados adubos orgânicos, seja em associação com plantio por menores propágulos e adubação seguindo a A₁ (T5- 75,04 ± 1,55 %), ou propágulos maiores na indicação do A₂ (T7- 75,37 ± 1,51 %).

Diante de todas as análises realizadas, fica evidente a superioridade do tratamento 4 (A₁, adubação química e propagação por rizomas menores) quando o intuito é a produção de farinha de araruta, visto que esse tratamento proporciona maior teor de proteína e de amido puro a mesma, e também um menor teor de cinzas, além de ser um dos que resulta em maior rendimento do produto.

Por outro lado, quando o produto de interesse é a fécula de araruta, os tratamentos que se destacaram foram os quais seguiram a adubação orgânica da A₁, ou seja, 5 (A₁, rizoma menor, adubação orgânica) e o 8 (A₁, rizoma maior, adubação orgânica). Esses resultados corroboram a observação de De Souza et al. (2019), que citam que as interações entre as condições de cultivo como solo, clima, genética, dentre outros fatores, são capazes de determinar o uso industrial para qual o produto se mostra com maior potencial.

4. Conclusão

Os diferentes tamanhos de propágulos, tipo de recomendação e adubação interferem na qualidade da farinha e na fécula de araruta. As recomendações de adubação adaptada para cultura de tuberosas (A_1) se mostram mais eficazes tanto para qualidade de farinha quanto de fécula de araruta. Consequentemente, seguindo essa recomendação (A_1), para a qualidade de farinha a adubação química se destaca, enquanto que para a qualidade de fécula a adubação orgânica mostrou-se mais satisfatória.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à FAPEMIG, à CAPES pelas bolsas concedidas e apoio financeiro.

Referências

- Alvares, C. A., Stape, J. L., Sentelhas, P. C., de Moraes Gonçalves, J. L., & Sparovek, G. (2013). Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22(6), 711–728. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- Ayala Valencia, G., Freitas Moraes, I. C., Vinicius Lourenço, R., Barbosa Bittante, A. M., & do Amaral Sobral, P. J. (2015). Physicochemical properties of Maranta (Maranta arundinacea L.) starch. *International Journal of Food Properties*, 18(9), 1990-2001. <https://doi.org/10.1080/10942912.2014.958162>
- Brasil (2005) Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Resolução da diretoria colegiada- RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005. Aprova o “Regulamento Técnico para Produtos de Cereais, Amidos, Farinhas e Farelos”. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 22 set. 2005. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2005/rdc0263_22_09_2005.html
- Brasil (2011) Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 52, de 7 de novembro de 2011. Dispõe sobre o regulamento técnico da farinha de mandioca. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 8 nov. 2011.
- Ciarfella, A. T., Mundaraín, M. A., & Pérez, E. (2013). Evaluación física y química de los rizomas de guapo (Maranta arundinacea) y de galletas dulces preparadas con su harina. *Saber*, 25(2), 210-217.
- Da Silva, J. M., Junior, B. D., Vieira, V. B., Klososki, S. J., Barão, C. E., Pinheiro, K. H., & Pimentel, T. C. (2020). Amido de mandioca modificado por oxidação: propriedades físicas e químicas e perfil de textura de géis. *Research, Society and Development*, 9(10), e9089108238-e9089108238. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i10.8238>
- Daiuto, E. R., & Cereda, M. P. (2003). Amido como suporte na desidratação por atomização e em microencapsulamento. *Tecnologia, usos e potencialidades de tuberosas amiláceas sul americanas*. São Paulo: Fundação Cargill, 449-475.
- De Souza, D. C. D., Silva, R. D. J., Guerra, T. S., Silva, L. F. L., Resende, L. V., & Pereira, J. (2019). Characterization of arrowroot starch in different agronomic managements. *Revista Ceres*, 66(5), 323-332. <https://doi.org/10.1590/0034-737X201966050001>
- De Souza, D. C., Ossani, P. C., de Jesus Silva, R., Guerra, T. S., & Resende, L. V. (2020). Produtividade de rizomas e qualidade de fécula de araruta em função da época de colheita. *Revista Agroecossistemas*, 12(1), 1-19. <http://dx.doi.org/10.18542/ragros.v12i1.7375>
- Ferreira, D. F. (2011). Sisvar: a computer statistical analysis system. *Science and Agrotechnology*. 35(6), 1039-1042. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>
- Fideles, M. C., Bento, J. A. C., Ferreira, K. C., Oliveira, A. L. M. D., Caliar, M., & Soares, M. S. (2019). Características físico-químicas e tecnológicas da farinha de araruta modificada por ultrassom e por tratamento térmico de baixa umidade. *Ciência Rural*, 49(10), 1-10. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20181037>
- Gordillo, C. A. S., Valencia, G. A., Zapata, R. A. V., & Henao, A. C. A. (2014). Physicochemical characterization of arrowroot starch (Maranta arundinacea Linn) and glycerol/arrowroot starch membranes. *International Journal of Food Engineering*, 10(4), 727-735. <https://doi.org/10.1515/ijfe-2014-0122>
- Harmayani, E., Kumalasari, I. D., & Marsono, Y. (2011). Effect of arrowroot (Maranta arundinacea L.) diet on the selected bacterial population and chemical properties of caecal digesta of Sprague Dawley rats. *International Research Journal of Microbiology*, 2(8), 278-284.
- Instituto Adolfo Lutz (2008). Métodos físico-químicos para análise de alimentos. Coordenação de Odair Zenebon, Neus Sadocco Pascuet e Paulo Tiglea. 4 ed., São Paulo: Instituto Adolfo Lutz. Disponível em: <http://www.ial.sp.gov.br/ial/publicacoes/livros/metodos-fisico-quimicos-para-analise-de-alimentos>
- Leonel, M., & Cereda, M. P. (2002). Caracterização físico-química de algumas tuberosas amiláceas. *Food Science and Technology*, 22(1), 65-69. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612002000100012>
- Lima, N. B. F., Silva, L. B., Borges, M. V., Neves, R. R., Vera, R., & Ferreira, G. A. (2019). Caracterização do amido de araruta orgânica e potencial para aplicação tecnológica em alimentos. *DESAFIOS-Revista Interdisciplinar Da Universidade Federal Do Tocantins*, 6(Especial), 118-126. <http://dx.doi.org/10.20873/ufv.2359365220196Especialp118>

- Moorthy, S. N. (2001). Tuber crop starches. 2nd ed. Thiruvananthapuram, Central Tuber Crops Research Institute.
- Neves, M. C. P., Coelho, I. D. S., & de Almeida, D. L. (2005). Araruta: Resgate de um cultivo tradicional. Seropédica: Embrapa Agrobiologia. *Comunicado Técnico*, 79. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/625391>
- Nogueira, G. F., Fakhouri, F. M., & de Oliveira, R. A. (2018). Extraction and characterization of arrowroot (*Maranta arundinacea* L.) starch and its application in edible films. *Carbohydrate Polymers*, 186, 64-72. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2018.01.024>
- Nunes, A. R. A., Fernandes, A. M., Leonel, M., Garcia, E. L., Magolbo, L. A., & Carmo, E. L. D. (2016). Nitrogênio no crescimento da planta e na qualidade de raízes da mandiocinha-salsa. *Ciência Rural*, 46, 242-247. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20150339>
- Ribeiro, A. C. (1999). Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5. Aproximação. Comissão de fertilidade do solo do estado de Minas Gerais.
- Rocha, T. S., Demiate, I. M., & Franco, C. M. L. (2008). Características estruturais e físico-químicas de amidos de mandiocinha-salsa (*Arracacia xanthorrhiza*). *Food Science and Technology*, 28(3), 620-628. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612008000300018>
- Sá, A. R. A., de Lima, M. B., Garcia, E. I., Mendes, M. L. M., & de Omena Messias, C. M. B. (2018). Caracterização físico-química e nutricional de farinhas obtidas de inhame (*Dioscorea* spp.) e taro (*Colocasia esculenta*) comercializados em Petrolina-PE. *Saúde (Santa Maria)*, 44(3), 1-9. <https://doi.org/10.5902/2236583433647>
- Souza, D. C., Costa, P. A., Sampaio, T. G., Avelar, R. I. S., & Resende, L. V. (2019). Produção de araruta proveniente de propágulos vegetativos e micropropagação. *Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica*, 16(2), 87-94.
- Souza, D. C., Lima, L. F., Resende, L. V., Costa, P. A., Guerra, T. S., Gonçalves, W. M., & Pereira, T. A. R. (2016). Conservação pós-colheita de araruta em função da temperatura de armazenamento. *Magistra*, 28(3/4), 403-410.
- Souza, D. C., Silva, L. F., Resende, L. V., Costa, P. A., Serra, T. S., & Gonçalves, W. M. (2018). Influence of irrigation, planting density and vegetative propagation on yield of rhizomes of starch the arrowroot. *Revista de Ciências Agrárias*, 41(3), 683-691. <https://doi.org/10.19084/RCA18015>
- Souza, J. M. L. D., Negreiros, J. R. D. S., Álvares, V. D. S., Leite, F. M. N., Souza, M. L. D., Reis, F. S., & Felisberto, F. Á. V. (2008). Variabilidade físico-química da farinha de mandioca. *Food Science and Technology*, 28(4), 907-912. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612008000400022>
- Tagliapietra, B. L., Rüchel, F., da Silva, M. N., Alves, A. F., Marcks, P., Zanon, A. J., & dos Santos Richard, N. S. P. (2019). Avaliação físico-química de raízes de mandioca com diferentes tipos de manejo cultivadas no Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista Brasileira de iniciação científica*, 6(6), 20-30.
- Vieira, J. C. B., Colombo, J. N., Puiatti, M., Cecon, P. R., & Silvestre, H. C. (2015). Desempenho da araruta 'Viçosa' consorciada com crotalária. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 10(4), 518-524. <https://doi.org/10.5039/agraria.v10i4a5271>