



DOUGLAS CORREA DE SOUZA

**PHYTOTECHNICAL MANAGEMENT AND ITS
RELATIONSHIP WITH RHIZOMAS PRODUCTIVITY AND
QUALITY OF ARROWROOT**

**LAVRAS – MG
2018**

DOUGLAS CORREA DE SOUZA

**PHYTOTECHNICAL MANAGEMENT AND ITS RELATIONSHIP WITH
RHIZOMAS PRODUCTIVITY AND QUALITY OF ARROWROOT**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Doutor.

Profa. Dra. Luciane Vilela Resende
Orientadora

Profa. Dra. Joelma Pereira
Coorientadora

**LAVRAS – MG
2018**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Souza, Douglas Correa de.

Phytotechnical management and its relationship with rhizomas productivity and quality of arrowroot / Douglas Correa de Souza. - 2018.

88 p. : il.

Orientador(a): Luciane Vilela Resende.

Coorientador(a): Joelma Pereira.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Lavras, 2018.

Bibliografia.

1. Maranta arundinacea L. 2. Hortaliça não convencional. 3. Manejo agrônômico. I. Resende, Luciane Vilela. II. Pereira, Joelma. III. Título.

DOUGLAS CORREA DE SOUZA

**PHYTOTECHNICAL MANAGEMENT AND ITS RELATIONSHIP WITH
RHIZOMAS PRODUCTIVITY AND QUALITY OF ARROWROOT**

**MANEJO FITOTÉCNICO E SUA RELAÇÃO COM A PRODUTIVIDADE DE
RIZOMAS E QUALIDADE DO AMIDO DE ARARUTA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 16 de agosto de 2018.

Dra. Izabel Cristina Dos Santos EPAMIG

Dr. Valter Carvalho de Andrade Júnior UFLA

Dr. Luiz Antônio Augusto Gomes UFLA

Dra. Joelma Pereira UFLA

Profª. Dra. Luciane Vilela Resende
Orientadora

**LAVRAS – MG
2018**

*Aos meus pais, Donizetti João de Souza e Rosimeire de Fátima Correa Souza, pela,
compreensão, carinho e confiança que me foi dada.
Com todo o respeito, admiração e gratidão.
Dedico*

AGRADECIMENTOS

A Deus e a Nossa Senhora Aparecida, por iluminarem meu caminho e me abençoarem em todos os momentos da minha vida.

Aos meus pais, Donizetti João e Rosimeire de Fátima, por todo amor e apoio incondicional para eu alcançar meus objetivos.

Ao meu irmão Diogo Correa Souza, pela amizade e companheirismo.

À minha querida namorada, Marcela Mota, pelo amor, paciência, carinho e compreensão.

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Agricultura, pela oportunidade concedida para obtenção do título de doutor.

À CAPES, ao CNPq e à FAPEMIG, pela concessão da bolsa de estudos.

À professora Dra. Luciane Vilela Resende, pela orientação, paciência, confiança, e seus ensinamentos, que foram de grande importância para o meu crescimento profissional.

Aos professores Dr. Wilson Magela, Dr. Marcelo Cirillo e Dra. Joelma Pereira, pelos conselhos valorosos, paciência e ensinamentos transmitidos.

Aos membros da banca, Pesquisadora Dra. Izabel Cristina dos Santos, Prof. Dr. Valter Carvalho de Andrade Júnior e Prof. Dr. Luiz Antônio Augusto Gomes, pela atenção, sugestões e correções na redação da tese.

Aos técnicos da Universidade Federal de Lavras que muito ajudaram durante o desenvolvimento dos experimentos, em especial à Tina, Stéfany, Luizinho e Josimar.

A toda a equipe de trabalho, em especial aos amigos Thiago Guerra, Paula Aparecida, Luís Felipe, João Barcellos, Paulo Ossani, Rogério de Jesus, Raul, Carol, Carlos Balatte, Sylvia, Gabi, Gabriel, Ana e Gustavo, pelas inúmeras contribuições.

Aos companheiros acadêmicos Guilherme Tassone, Douglas Castro, Everton Zambiazzi, Leonardo Brito, Elison e Rafael, pela prazerosa convivência, disposição em ajudar, ensinar e aprender junto, e também por todos os momentos de alegria.

A todos que de alguma forma contribuíram para a concretização deste trabalho.

MUITO OBRIGADO!

RESUMO

O Brasil é considerado detentor da maior diversidade biológica do planeta, com um total de espécies biológicas estimadas na ordem de 1,8 milhões, o que mostra que se conhece muito pouco da própria diversidade biológica do país. Muitas espécies vegetais são negligenciadas, como é o caso das hortaliças não convencionais, que são espécies pouco difundidas no mercado. Geralmente são exploradas apenas para fins familiares e conduzidas sob cultivo restrito a algumas localidades, principalmente em consequência da cultura alimentar difundida entre gerações, como é o caso da araruta. Em consequência de diversos fatores ao longo da história tornou-se subutilizada, e de certa forma, esquecida pela população. A principal característica da espécie é o alto teor de amido extraído dos rizomas, que contém composição nutricional de 11,9 % de água, 0,58 % de cinzas, 25,9 % de amilose, 0,14 % de proteína, 0,84 % de gordura, 8,7 % de fibra dietética insolúvel e 5,0 % de fibra dietética solúvel. Produtos a partir dessa espécie estão se tornando populares devido à ausência de glúten, sendo recomendado principalmente para o consumo de celíacos. Apesar da crescente demanda por esses produtos, há pouca oferta no mercado, devido à falta de conhecimento dos produtores em conduzir a cultura. Sendo assim, são de fundamental importância estudos fitotécnicos como adubação, espaçamento, manejo de água, época de colheita, controle de pragas, doenças e plantas daninhas, e seus efeitos na produção de rizomas e amido de araruta, visto que a cultura apresenta potencial a ser explorado no agronegócio brasileiro, sobretudo na agricultura familiar. Diante do exposto, objetivou-se com essa tese, desenvolver estudos de manejo fitotécnico com a araruta, bem como verificar seus efeitos na produtividade da cultura e nas características químicas do produto obtido no processamento dos rizomas.

Palavras-chave: *Maranta arundinacea* L. Amido. Hortaliça negligenciada. Resgate de culturas. Ciclo da cultura. Manejo agrônomico. Plantas alimentícias não convencionais.

ABSTRACT

Brazil is considered the holder of the greatest biological diversity on the planet, with a total of biological species estimated at 1.8 million, which shows that we know very little of our own biological diversity. Many plant species are neglected as is the case of unconventional vegetables, which are species rarely found on the market. Usually only used for family purposes and are directed to the restricted cultivation of some localities, mainly as a consequence of the food culture spread between generations, as is the case of arrowroot. As a result of various factors throughout history it has become underutilized, and somewhat overlooked by the population. The main characteristic of the species is the high starch content extracted from the rhizomes, which contains a nutritional composition of 11.9% water, 0.58% ash, 25.9% amylose, 0.14% protein, 84% fat, 8.7% insoluble dietary fiber and 5.0% soluble dietary fiber. Products from this species are becoming popular due to the absence of gluten, being mainly recommended for the consumption of coeliacs. Despite the growing demand for these products, there is little market supply due to the lack of knowledge of the producers in conducting the species cultivar. Thus, it is of fundamental importance phytotechnical studies such as fertilization, spacing, water management, harvesting season, pest, disease and weed control, and its effects on the production of rhizomes and arrowroot starch, since culture has potential to be exploited in Brazilian agribusiness, especially in family agriculture. In view of the above, the objective of this thesis was to develop studies on the phytotechnical management of arrowroot, as well as to verify its effects on crop productivity and the chemical characteristics of the product obtained in the rhizomes processing.

Keywords: *Maranta arundinacea* L. Starch. Neglected vegetable. Rescuing cultures. Culture cycle. Agronomic management. Unconventional food plants.

LISTA DE FIGURAS

PRIMEIRA PARTE

- Figura 1- (A) Rizoma de araruta; (B) Propagação vegetativa por meio de rizoma; (C) Mudanças de araruta com folhas alternadas e formato de lança; (D) Brotação de rizomas a partir dos nós; (E) Flores brancas em plantas de araruta..... 19
- Figura 2 - Processamento do rizoma de araruta para produção de amido.22

SEGUNDA PARTE

ARTIGO 1

- Figure 1 - Climatic data of the Lavras Meteorological Station and amount of water used in the irrigation of the arrowroot experiment in the agricultural years of 2014 and 2015.....36
- Figure 2 - Plant stand along the vegetative cycle of the crop according to the type of planting.41
- Figure 3 - Plant growth of arrowroot over the evaluated months.....42
- Figure 4 - Estimated value for rhizomes, pure starch and arrowroot starch yield through different planting techniques.....46

ARTIGO 2

- Figure 1 - Amount of pure starch in the starch of arrowroot from the interaction between the factors irrigation, planting type and plant density.....58
- Figure 2 - Purity degree of the starch, by the sum of the ash content, ether extract and proteins.....60
- Figure 3 - Regression of swelling power (SP) and solubility (S) of starch obtained from arrowroot samples collected from treatments (PS x WM x PD).62
- Figure 4 - SEM photomicrographs of arrowroot granules in different agronomical treatments. 600x magnification and 20 μ m scale.....63
- Figure 5 - Size distribution (larger diameter in micrometer) of arrowroot granules in different agronomical treatments.63

ARTIGO 3

- Figura 1 - Dados climatológicos da estação meteorológica da Universidade Federal de Lavras, entre os meses de setembro de 2016 a agosto de 2017.71
- Figura 2 - Médias observadas e a reta de tendência da produtividade de rizomas em função da época de colheita da araruta.75

Figura 3 -	Médias observadas e a curva de tendência do rendimento de amido e quantificação de amido purificado de araruta em função da época de colheita.	76
Figura 4 -	Valor estimado para produtividade de amido e amido purificado de araruta em função da época de colheita.	79
Figura 5-	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	80
Figura 6 -	Coordenadas principais da similaridade entre as cinco épocas de colheita de araruta.	82
Figura 7-	Associação das cinco épocas de colheita estudadas com as características de produção e a composição centesimal do amido de araruta.	83

LISTA DE TABELAS

SEGUNDA PARTE

ARTIGO 1

Table 1 -	Physical-chemical analysis of the soil performed in the experimental area.	37
Table 2 -	F value calculated by the analysis of variance and coefficient of variation of the agronomic characteristics evaluated in the experiment.	40
Table 3 -	Value of F calculated by the analysis of variance and coefficient of variation of the analyzes of fecula yield (g 100g ⁻¹) and amount of starch (g 100g ⁻¹) in arrowroot fecula.	45

ARTIGO 2

Table 1 -	F value calculated by the analysis of variance and coefficient of variation from analyses of starch yield (g 100 g ⁻¹) and amount of pure starch (g 100 g ⁻¹) in arrowroot.	56
Table 2 -	Unfolding of interactions for starch yield in the interaction in between water management and planting systems (WM x PS), and among the factors planting systems and planting density (PD x PS).	57
Table 3 -	Averages of treatments for the variables of the starch chemical composition in 100 g of sample (g. 100 g ⁻¹) [dry basis].	57

ARTIGO 3

Tabela 1 -	Análise de médias para 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).....	74
Tabela 2 -	Dados climatológicos da estação meteorológica da Universidade Federal de Lavras, referente às médias de 20 dias antecipando cada colheita.....	77
Tabela 3 -	Análise de médias para a composição centesimal do amido em função da colheita em diferentes dias após o plantio (DAP), em base seca.	80
Tabela 4 -	Valores referentes às inércias computadas nos dois primeiros eixos para cada tratamento formado por grupos de variáveis em diferentes colheitas.	81
Tabela 5 -	Correlação referentes aos dois primeiros fatores, sem rotação.	82

SUMÁRIO

PRIMEIRA PARTE	
1	INTRODUÇÃO14
2	REFERENCIAL TEÓRICO16
2.1	Hortaliças não convencionais no Brasil.....16
2.2	<i>Maranta arundinacea</i> L.18
2.2.1	Centro de origem e domesticação da cultura.....18
2.2.2	Descrição morfológica da planta e características do rizoma19
2.2.3	Amido de araruta21
2.3	Manejo da cultura da araruta.....24
	REFERÊNCIAS26
	SEGUNDA PARTE – ARTIGOS*30
	ARTIGO 1 - Influence of irrigation, planting density and vegetative propagation on yield of rhizomes of arrowroot starch31
	INTRODUCTION34
	MATERIAL AND METHODS.....35
	RESULTS AND DISCUSSION.....39
	CONCLUSIONS47
	REFERENCES47
	ARTIGO 2 - Characterization of arrowroot starch in different agronomic managements.....50
1	INTRODUCTION51
2	MATERIAL AND METHODS.....52
2.1	Design of the experiment52
2.2	Starch extraction and yield.....53
2.3	Amount of pure starch54
2.4	Percent composition54
2.5	pH and titratable acidity.....55
2.6	Swelling power (SP) and solubility (S)55
2.7	Size of granules (scanning electron microscopy)55
2.8	Statistical analysis.....55
3	RESULTS AND DISCUSSION.....56

3.1	Starch yield and amount pure starch as a function of crop management	56
3.2	Percent composition	58
3.3	pH and acidity.....	60
3.4	Swelling power and solubility.....	61
3.5	Scanning electron microscopy (SEM).....	62
4	CONCLUSION	64
	REFERENCES	65
	ARTIGO 3- Produtividade de rizomas e qualidade de amido de araruta em função de diferentes épocas de colheita	68
1	INTRODUÇÃO	69
2	MATERIAIS E MÉTODOS.....	70
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	74
4	CONCLUSÃO	85
	REFERÊNCIAS	86

PRIMEIRA PARTE

1 INTRODUÇÃO

As hortaliças não convencionais (HNC's) são espécies pouco difundidas no mercado, geralmente exploradas apenas para fins familiares ou domésticos, com cultivo restrito a algumas localidades ou regiões, principalmente em consequência da cultura alimentar difundida entre gerações, perdendo, portanto, sua importância como alimento, na maioria das vezes, por falta de oferta no mercado (BRASIL, 2013; KINUPP; LORENZI, 2014; SILVA, 2015).

A araruta (*Maranta arundinacea* L.) é um exemplo de espécie dita como HNC. Seus rizomas produzem alto conteúdo de carboidrato e após o processamento são indicados para alimentação de celíacos pela ausência de glúten, bem como o uso em produtos de padaria, estabilização de sorvete, geleias, bolos e alimentos para crianças (MASON, 2009, JYOTHI; SAJEEV; SREEKUMAR, 2010; KUMALASARI et al., 2012).

Monteiro e Peressin (2002) relatam que num passado recente a produção mundial de araruta era irrelevante. Dados atuais sobre a produção de araruta no Brasil são inexistentes, porém, de acordo com o IBGE, a produção brasileira em 1996 foi de 1.140 toneladas, gerando um valor estimado de 280 mil reais. Observa-se que, com o decorrer dos anos, seu cultivo foi drasticamente reduzido devido à concorrência com outras espécies de finalidade semelhante, tais como a mandioca e a batata (BRASIL, 2013; KINUPP; LORENZI, 2014). Estas culturas embora não produzam amido com as mesmas características de fácil digestibilidade como a da araruta, contam historicamente com maior incentivo econômico por parte da pesquisa pública e privada, em consequência de diversos fatores como a globalização das informações e de recursos (DE SOUZA et al., 2016).

O número pesquisas científicas com a araruta é limitado, fato que pode ser comprovado ao analisar bases de dados, tais como o Scopus, que de 1978 até 05 de junho de 2018, observou-se a publicação de apenas 86 tipos de documentos, desses 71 são artigos científicos. As publicações referentes à espécie apresentaram relevância apenas após a década de 2000, e os países mais envolvidos com essas pesquisas são Índia, Indonésia, Estados Unidos e Brasil, sendo que mais de 60% dos trabalhos são na área de agricultura e ciências biológicas.

No entanto, a busca por produtos naturais fez com que a indústria alimentícia voltasse a ter interesse pelo amido da araruta em virtude de suas propriedades alimentícias, como na alimentação de celíacos, como fonte potencial prebiótica e para uso em produtos de padaria.

Tal fato contribui para aumentar sua popularidade, alcançando preços que podem variar de R\$ 15,00 a R\$ 20,00 por kg, atingindo preços mais elevados no mercado internacional (custo de 450 g em torno de USD 22,19) (EBDA, 2013). Isto vem despertando novamente o interesse pelo cultivo no Brasil, o que poderia se configurar como uma excelente fonte de renda para os agricultores familiares (VIEIRA et al., 2015).

Ainda assim, atualmente, há falta de dados estatísticos confiáveis sobre a cultura, pelo fato de expressiva parte da produção ser consumida diretamente pelos próprios produtores (DE SOUZA et al., 2016), sendo até mesmo comum encontrar fraudes como o amido de arroz, trigo, batata ou mandioca sendo ensacados e vendidos se passando por amido de araruta (RIOS et al., 2005).

Apesar de haver um mercado potencial para o amido de araruta, o que tem se observado ainda, é a falta de pesquisas científicas e informações técnicas, o que leva o produtor a conduzir o manejo da cultura com o de outras espécies de características semelhantes, como as tuberosas, ou apenas pelo conhecimento empírico sem nenhum fundamento prático. Este procedimento muitas vezes torna o cultivo e a comercialização do amido de araruta inviável e/ou oneroso. Assim, tornam-se prementes, estudos sobre técnicas básicas de manejo, colheita e pós-colheita da cultura (DE SOUZA et al., 2016). Diante do exposto, objetivou-se com essa tese, desenvolver estudos fitotécnicos com a araruta, bem como verificar seus efeitos na produtividade da cultura e nas características químicas do produto obtido no processamento dos rizomas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Hortaliças não convencionais no Brasil

De acordo com a *Food and Agricultural Commodities Production* (FAO), no decorrer de milênios, os seres humanos basearam sua alimentação em mais de dez mil diferentes espécies vegetais. Entretanto, existem atualmente, menos de cento e cinquenta sendo cultivadas, destas, apenas doze espécies atendem oitenta por cento de todas as nossas necessidades alimentares e apenas quatro delas - arroz, trigo, milho e batata - suprem mais da metade da necessidade energética da humanidade. Sendo assim, grande parte das espécies que não são utilizadas atualmente foram perdidas ou estão em processo de extinção (BRASIL, 2013).

O Brasil é considerado detentor da maior diversidade biológica do planeta, com um número de espécies vegetais catalogadas superior a 47 mil, o que representa apenas uma fração da biodiversidade da flora brasileira, com um total de espécies biológicas estimado na ordem de 1,8 milhões de espécies (FORZZA et al. 2010; PERES; VERCILLO; DIAS, 2011), o que dá a noção de que se conhece muito pouco da diversidade biológica do país (JOLY; VERDADE; BERLINCK, 2011; CARNEIRO et al., 2014).

No Brasil, muitas dessas espécies vegetais, em tempos passados, algumas nativas ou introduzidas, eram largamente consumidas pela população. Porém, em virtude da grande oferta de espécies melhoradas geneticamente, e de certa forma, mais atrativas, principalmente por já estarem muito bem inseridas no mercado nacional e internacional de produção de sementes, muitas destas deixaram de ser consumidas, principalmente pela falta de oferta no mercado, tornando-se até mesmo desconhecidas pelas novas gerações (SILVA et al., 2018).

Contudo, em todo o território brasileiro existem comunidades tradicionais de agricultores familiares que cultivam em pequena escala uma ampla diversidade de espécies e de variedades vegetais em áreas específicas. Muitas comunidades rurais mantêm forte ligação e dependência dos recursos vegetais locais, mesmo com o desenvolvimento tecnológico atual, e o cultivo de algumas espécies complementam a demanda alimentar e necessidades básicas de sobrevivência das famílias, conseqüentemente, essas áreas produtivas minimizam a pobreza (LEÃO et al. 2015). Portanto, manter a diversidade de plantas é importante para essas comunidades, pois além do uso de plantas cultivadas, essas comunidades fazem uso dos recursos naturais circundantes (PILLA; AMOROZO, 2009).

Algumas destas espécies estão sendo denominadas no Brasil como hortaliças não convencionais. Estas hortaliças estão distribuídas em várias famílias botânicas e estão sendo resgatadas e depositadas em coleções de germoplasma em instituições públicas de pesquisa, com o intuito de se preservar a biodiversidade e estudar o provável potencial nutricional, farmacológico e até mesmo princípios antinutricionais destas espécies (SILVA et al., 2018). Se confirmado o potencial nutricional, o consumo destas hortaliças não convencionais poderia se apresentar como uma excelente opção como fonte de compostos nutricionais, sobretudo, para populações com menor poder aquisitivo. No entanto, estudos comprovando suas propriedades nutricionais ainda são incipientes. Sabe-se que algumas dessas espécies também possam apresentar compostos antinutricionais, tais como inibidores de proteínas, oxalatos de cálcio, taninos, nitratos, dentre outros (VAN VELZEN et al., 2008; DE JESUS BENEVIDES et al., 2011).

No Brasil, existem programas governamentais que incentivam a produção por agricultores familiares e o cultivo dessas espécies, como é o caso do Programa de Aquisição de Alimentos da Agricultura Familiar (PAA), bem como a evolução do Programa Nacional da Alimentação Escolar (PNAE), que tornaram a agricultura familiar um elemento fundamental na busca pela aproximação entre produção e consumo de alimentos, visando garantir o acesso à alimentação saudável à famílias em situação de vulnerabilidade social. São programas que possibilitam aos governos, municipal, estadual e federal, a compra de alimentos produzidos pela agricultura familiar com dispensa de licitação, e sua destinação são pessoas em situação de insegurança alimentar e nutricional ou diretamente para a merenda escolar (DEPONTI et al., 2018).

Apesar do aumento do incentivo governamental para o resgate e uso destas hortaliças não convencionais na alimentação, existem poucas informações disponíveis para o seu cultivo e para a sua produção nas condições edafoclimáticas brasileiras, tais como: ciclo da cultura, propagação, controle de pragas, doenças e plantas daninhas, densidade de plantas, adubação, irrigação, colheita e pós-colheita. Tampouco existem disponíveis cultivares e materiais propagativos para o plantio, bem como a caracterização de variedades morfológicamente diferentes (BRASIL, 2013; KNUPP; LORENZI, 2014; DE SOUZA et al., 2016).

Portanto, estudos científicos são importantes para compreender como estas espécies podem contribuir na alimentação do ser humano e, ainda, na prevenção de doenças. Estudos bromatológicos e fitotécnicos podem incentivar o cultivo das hortaliças não convencionais em maior escala, e com qualidade, possibilitando a sua comercialização e, conseqüentemente, o

consumo destas plantas pela população, resultando em benefícios econômicos, sociais e ambientais (CARVALHO et al., 2015; SILVA et al., 2018; XAVIER et al., 2018).

2.2 *Maranta arundinacea* L.

A araruta (*Maranta arundinacea* L.) é um exemplo de espécie dita como não convencional. Em consequência de diversos fatores ao longo da história, tornou-se subutilizada, e de certa forma, esquecida pela população. Assim, essa espécie foi utilizada como objeto de estudo desse trabalho.

2.2.1 Centro de origem e domesticação da cultura

A araruta, cujo nome científico da espécie é *Maranta arundinacea* L., pertence à família Marantaceae, ordem Zingiberales (PIO CORRÊA, 1984). O gênero *Maranta* apresenta aproximadamente 30 espécies distribuídas por todos os habitats úmidos das regiões tropicais (RIOS et al., 2005). A espécie é conhecida por vários outros nomes comuns que variam de acordo com a cultura de cada país, como por exemplo, maranta l'Inde nas Antilhas Inglesas, maranta em Porto Rico, arrurruz no Chile, yuquilla no Equador, sagu na Venezuela e yunka oqa na Bolívia. Também ocorrem variações entre as regiões brasileiras, tais como embiri, aru, agutiguepe, hori kiki, raruta, maranta, arrowroot ou West indianarrowroot (RIOS et al., 2005; KINUPP; LORENZI, 2014).

Existe uma discordância entre autores sobre o possível centro de origem e de domesticação da araruta. Alguns a consideram nativa das Antilhas, México e de outros países da América Central (BENTLEY; TRIMEN, 1880). Para León (1987) a planta é nativa da América do Sul e das Antilhas, enquanto que para Peckolt e Peckolt (1893) a planta é nativa do Brasil. Erdman e Erdman (1984) citam que as espécies crescem na América do Sul, Sudeste da Ásia, Caribe, Filipinas e Índia. Porém, a hipótese mais aceita, de acordo com Monteiro e Peressin (2002), é que a araruta teve seu centro de origem no continente sul-americano, encontrando-se em forma nativa nas matas venezuelanas, a partir daí, foi exportada às Ilhas Barbados, Jamaica e outras regiões do Caribe.

Segundo Martins (2005), há indícios do cultivo da araruta pelos índios há mais de 7.000 anos. Os índios Aruak, que habitavam desde o Amazonas até a região do Caribe, cultivavam a planta e chamavam de 'aruaque aruá-arú', significando 'refeição das refeições',

pois, consideravam especiais as refeições preparadas com o amido, que se destaca pela sua digestibilidade (NEVES; COELHO; ALMEIDA, 2005).

Esses índios extraíam o amido e utilizavam para diversas aplicações como engrossar sopas, tratar diarreia (especialmente em crianças), fortificar parturientes e purificar o sangue. As substâncias ácidas contidas no macerado fresco dos rizomas também eram utilizadas como compressas em feridas provocadas por flechas, ou como antídoto nas picadas de insetos e outros animais peçonhentos (SILVEIRA et al., 2013).

2.2.2 Descrição morfológica da planta e características do rizoma

A araruta é uma planta herbácea, perene, rizomatosa, ou seja, que forma rizomas. Os rizomas são caules prostrados que crescem horizontalmente sob o solo e que emitem raízes, folhas e ramos a partir de seus nós, e cresce formando touceiras (FIGURA 1).

Figura 1- (A) Rizoma de araruta; (B) Propagação vegetativa por meio de rizoma; (C) Mudanças de araruta com folhas alternadas e formato de lança; (D) Brotação de rizomas a partir dos nós; (E) Flores brancas em plantas de araruta.



Fonte: Do autor (2018).

Segundo Pio Corrêa (1984), a araruta é descrita como uma erva de rizoma fusiforme com escamas aplicadas e caule articulado, até 120 cm de altura máxima. Folhas alternas, pecioladas e com longas bainhas foliáceas, ovado-lanceoladas, com limbo de 10-20 cm de comprimento e 5-8 cm de largura, mais ou menos pubescentes na página inferior. Apresenta longos pecíolos e um pulvino bastante proeminente na base, o que possibilita movimentos diurnos às folhas que se colocam fechadas e eretas ao entardecer, e também quando em altas temperaturas.

Ainda de acordo com Pio Corrêa (1984), a planta apresenta flores brancas, irregulares, pequenas, solitárias ou 3-4 dispostas em panículas terminais irregulares e frouxas, protegidas por brácteas invaginantes. Fruto plano convexo, primeiramente baciforme e depois seco, indeiscente. Sementes rugosas vermelho-pálidas e com arilo amarelo. No entanto, devido às condições climáticas brasileiras ocorre abortamento das flores e não há desenvolvimento de sementes.

É uma planta de ciclo perene e comportamento genético alógamo (MARTINS, 2005), sendo que a autopolinização é quase impossível, pois uma vez que o estigma entra em contato com o estaminódio, nenhum pólen pode alcançá-lo. Nas anteras, o pólen consiste de grãos que ficam aderidos antes das flores se abrirem e são encontrados abaixo do estigma que fica preso ao estaminódio. O estigma desenvolve uma tensão que faz com ele se curve com força explosiva, e logo é liberado do estaminódio, por um leve toque, como o de um inseto entrando na flor aberta. Na liberação, o pólen se curva até ficar em contato com o estigma onde irá repousar. O pólen na parte dorsal do estigma é removido por insetos visitantes e ao mesmo tempo, o pólen no inseto que visitou outra flor, fica em contato com a cavidade do estigma assim que entra na flor (PURSEGLOVE, 1985).

O rizoma de araruta contém uma grande quantidade de amido purificado e outros compostos. Leonel e Cereda (2002) compararam o rizoma de araruta com outras tuberosas amiláceas como açafrão, ahípa, batata-doce, biri, inhame e mandioquinha-salsa, e constataram que o conteúdo de amido purificado presente na araruta, é superior ao das outras espécies, com valor médio de 24,23% ($\pm 0,38$).

Com relação a composição do rizoma Ferrari, Leonel e Sarmiento (2005), obtiveram 1,51% ($\pm 0,57$) de proteína, 0,12% ($\pm 0,04$) de matéria graxa, 0,85% ($\pm 0,35$) de cinzas, 2,33% ($\pm 1,20$) de fibras, 0,26% ($\pm 0,13$) de açúcar redutor, 1,20% ($\pm 0,20$) de açúcar solúvel total e 75,04% ($\pm 7,21$) de umidade. Restrepo, Grisales e Sánchez (2010) apresentaram teor de matéria seca de 22,3% e de fibra bruta de 3,62%, valores que o tornam competitivo no

agronegócio, e são semelhantes aos conteúdos encontrados na mandioca. O amido reflete em alto nível de extrato livre de nitrogênio, ELN (80,91%), com uma eficiência energética correspondente a 1.500 cal g⁻¹, semelhante ao conteúdo obtido em grãos de milho.

Além do amido, segundo Rossi et al. (2011) a araruta apresenta 45,83 % de inulina em base seca ou 14,5 g L⁻¹ para cada 100 g de amostra. A inulina não é processada em glicose pelo organismo humano, podendo ser consumida por diabéticos. Por isso, vem sendo utilizada para enriquecer com fibras, produtos alimentares, e ao ser extraída de plantas apresenta-se em forma de pó branco, amorfo e higroscópico, com odor e sabor neutros e isenta de sabor residual. A inulina é formada por uma mistura heterogênea de polímeros de frutose (HAULY; MOSCATTO, 2002).

2.2.3 Amido de araruta

Segundo a antiga Resolução nº 12.486 de 1978 da Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos - CNNPA, era definido como fécula, o produto amiláceo extraído das partes subterrâneas comestíveis dos vegetais (tubérculos, raízes e rizomas). No caso específico de araruta, é o produto amiláceo extraído dos rizomas de diversas espécies do gênero *Maranta* (*M. arundinacea*, *M. nobilis* etc.), com características físicas e químicas, de no máximo 14 % de umidade, 2 % acidez e 0,50 % de mineral fixo, e no mínimo 80 % de amido purificado.

No entanto, atualmente, a legislação vigente é referente à Resolução nº 263 de setembro de 2005, correspondente ao “Regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos” na qual não há requisitos específicos para a araruta. Porém, o amido ainda é definido como produtos amiláceo extraídos de partes comestíveis de cereais, tubérculos, raízes ou rizomas, sendo que os amidos extraídos de tubérculos, raízes e rizomas podem ser designados de fécula.

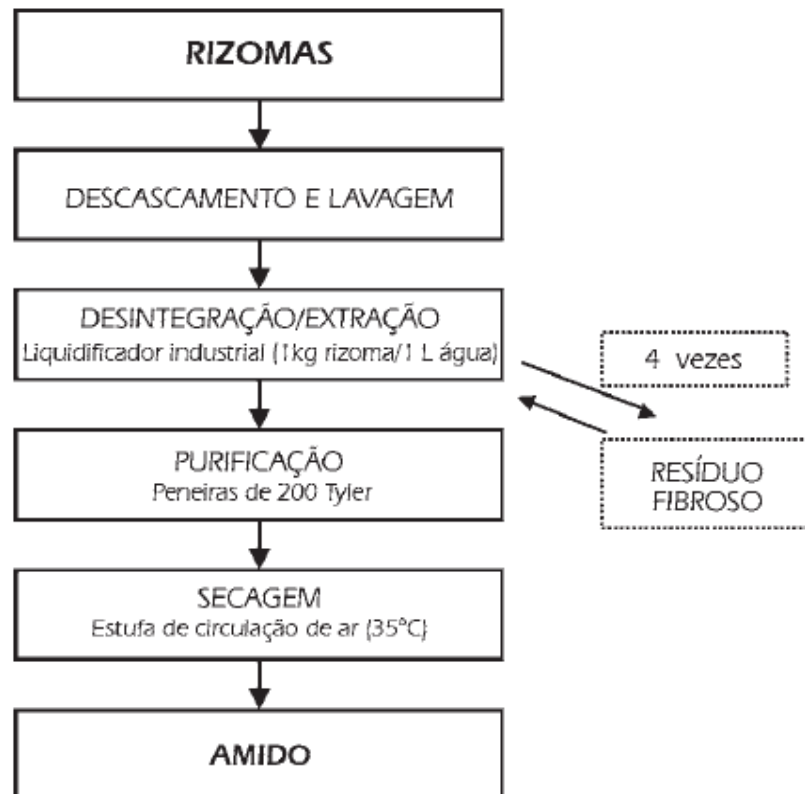
Entretanto, mediante a legislação e devido a não existir uma tradução para o inglês para a palavra ‘fécula’, no desenvolvimento dessa tese foi utilizado o termo ‘amido’ de araruta, para o produto extraído dos rizomas e ‘amido purificado ou amido puro’ quando foi realizado-se as análises de quantificação do amido no produto extraído do rizoma de araruta.

Uma maneira de diversificar o uso da araruta seria sua transformação em amido para incorporação em diversos produtos, em especial os de panificação. Atualmente, o mercado de amido comercial restringe-se ao amido de milho, batata, mandioca e arroz, nativos ou

modificados por processos químicos, físicos ou enzimáticos. Há, entretanto, demanda por amidos com propriedades específicas para atender às diferentes exigências do setor alimentício, no qual os amidos modificados apresentam restrições de uso (ROESLER et al., 2008).

O amido de araruta está contido na massa fibrosa, que é peneirada e levada para separação da fibra e decantação do amido (NEVES; COELHO; ALMEIDA, 2005), conforme apresentado na Figura 2.

Figura 2 - Processamento do rizoma de araruta para produção de amido.



Fonte: Ferrari, Leonel e Sarmiento (2005).

A produção de amido pode ser influenciada pela forma de processamento utilizado e pelo ponto de colheita dos rizomas. Ferrari, Leonel e Sarmiento (2005), estudando diferentes épocas de colheita de araruta, obtiveram rendimento prático da extração, com média de 20,99 % ($\pm 3,98$). Ainda segundo os autores, para o maior rendimento de extração, os rizomas devem ser colhidos quando já se inicia o apodrecimento, contudo, ressaltam que ocorre a necessidade de descartar rizomas em decomposição, o que acarreta em um menor rendimento em amido por área.

Leonel, Cereda e Sarmiento (2002), caracterizando o amido de araruta, encontraram 12,79 % de umidade, 84,30 % de amido, 0,18% de cinzas, 0,11% de matéria graxa, 0,10% de proteína, 0,99% de fibra, 0,17% de açúcares totais, 23,93% de amilose, pH de 6,37 e acidez titulável de 0,80.

Outra característica do amido de araruta, que tem se tornado popular, é a ausência de glúten, sendo recomendado principalmente para o consumo de celíacos. A doença celíaca é uma intolerância à ingestão de glúten de origem autoimune em indivíduos geneticamente predispostos, com componentes ambientais e imunológicos, caracterizada por um processo inflamatório que envolve a mucosa do intestino delgado, levando à atrofia das vilosidades intestinais, má absorção e uma variedade de manifestações clínicas (GAMA; FURLANETTO, 2010; ANDRADE; KÜMMERLE; GUIDO, 2018). A prevalência de doença celíaca é alta, com estimativa na proporção de 1: 133 nos Estados Unidos e 1: 300 na Europa (DEMIRKESEN et al., 2014). Contudo, poucos estudos tentaram estimar a prevalência da doença celíaca na América Latina. Um desses estudos foi realizado na Argentina em 2001, onde foi encontrada uma taxa de 1: 167 da população com doença celíaca (GÓMEZ et al., 2001).

Outro estudo sugeriu que o amido de araruta é uma potencial fonte de prebióticos (HARMAYANI; KUMALASARI; MARSONO, 2011), onde ingredientes nutricionais não digeríveis que afetam benéficamente o hospedeiro, estimulando seletivamente o crescimento e atividade de uma ou mais bactérias benéficas do cólon, pode melhorar a saúde do seu hospedeiro.

Diferentemente dos amidos convencionais, o amido de araruta não contém compostos antinutricionais, como é o caso da batata-doce, que possui compostos fenólicos e oligossacarídeos (VIEIRA et al., 2004), e da mandioca, que é considerada uma espécie cianogênica com ocorrência natural dos glicosídeos linamarina e lotaustralina (AMORIM; MEDEIROS; RIET-CORREA, 2006). O consumo regular e frequente de cianógenos pode causar a ocorrência de bócio e, em casos mais graves um tipo de neuropatia (SIRITUNGA; SAYRE, 2004). Nos produtos processados, como nas farinhas brancas e d'água, o teor de ácido cianídrico (HCN) não ultrapassa 6 mg kg⁻¹ (CHISTÉ et al., 2010), enquanto a farinha da folha seca contém teores entre 123,8 a 350,2 mg kg⁻¹ (WOBETO et al., 2004).

Além disso, o tamanho e a forma dos grânulos de amido estão entre os fatores de importância na determinação de usos potenciais de amidos (LEONEL, 2007). Ao observar os grânulos da araruta por microscopia eletrônica Leonel, Cereda e Sarmiento (2002) os

descreveram com um formato circular e ovalado, de tamanhos que variam de 9 a 42 μm , com predomínio na faixa de 20 μm , o que assemelha aos 27 μm de diâmetro citado por Alexander (1995) para grânulos de amido de batata.

Segundo Leonel e Cereda (2002), na presença de água e calor, os grânulos de amido expandem devido à embebição de água. Com a elevação da temperatura, a temperatura de gelatinização é atingida e uma pasta é formada. As propriedades da pasta do amido de araruta foram avaliadas e caracterizadas como grânulos que apresentam homogeneidade estrutural, e, em seguida, antes mesmo de atingir 95°C, uma queda acentuada de viscosidade, revelando baixa estabilidade da pasta a altas temperaturas e/ou resistência mecânica. Esta quebra de viscosidade é também característica do amido de outras fontes vegetais subterrâneas, como a mandioca e batata.

Apesar das características peculiares do amido de araruta, o plantio escasso e a dificuldade para obtenção do amido puro fizeram a indústria alimentícia abandonar a utilização do produto e a araruta praticamente desapareceu do mercado, passando a ser gradualmente substituída por outras fontes mais abundante e mais fáceis de industrializar (NEVES; COELHO; ALMEIDA, 2005).

2.3 Manejo da cultura da araruta

A araruta, e de modo geral as hortaliças não convencionais, são espécies que equivocadamente, devido às crenças populares, são consideradas como espécies rústicas, que não necessitam de cuidados especiais para atingir seu máximo potencial produtivo. No entanto, o que se observa no campo, são situações bem adversas a esse fato.

Para piorar esse cenário, as pesquisas científicas e informações técnicas para a araruta são limitadas e, em razão disso, a condução da cultura e o processamento dos rizomas são realizados conforme conhecimento empírico ou por adaptação do manejo de outras culturas tuberosas comumente cultivadas, como batata, batata doce, beterraba, cenoura e mandioca. Porém, esse tipo de manejo não é apropriado, pois cada cultura tem a sua peculiaridade e exigência para que se possa ter uma máxima produção rentável.

Os estudos de algumas formas de manejo são necessários, a fim de se melhorar a produção da cultura. De acordo com De Souza et al. (2018) é de fundamental importância estudos fitotécnicos tais como adubação, espaçamento, manejo de água, controle de pragas, doenças e plantas daninhas e seus efeitos na produção de rizomas e amido de araruta, visto

que a cultura apresenta potencial a ser explorado no agronegócio brasileiro, especialmente para a agricultura familiar (VIEIRA et al., 2015).

REFERÊNCIAS

- ALEXANDER, R. J. Potato starch: new prospects for an old product. **Cereal Foods World**, v. 40, p. 763-764, 1995.
- AMORIM, S. L.; MEDEIROS, R. M. T.; RIET-CORREA, F. Intoxicações por plantas cianogênicas no Brasil. **Ciência Animal**, v. 16, p.17-26, 2006.
- ANDRADE, C. H.; KÜMMERLE, A. E.; GUIDO, R. V. C. Perspectivas da química medicinal para o século XXI: desafios e oportunidades. **Quim. Nova**, v. 41, n. 4, p. 476-483, 2018.
- BENTLEY, R.; TRIMEN, H. **Medicinal plants**. London: J. and A. Churchill, 1880. v. 4. p. 228-306.
- 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, São Paulo, SP, 21 de outubro de 1978. p. 20.
- _____. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento: Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e Cooperativismo. **Manual de Hortaliças Não Convencionais**. Brasília: MAPA/ACS, 2013. 99 p.
- _____. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução 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, 23 de setembro de 2005, p. 6.
- CARNEIRO, F. M.; et al. Tendências dos Estudos com Plantas Medicinais no Brasil. **Rev. Sapiência Soc. saberes e práticas Educ.**, v. 3, p. 44-75, 2014.
- CARVALHO, M. S. S. et al. Phytochemical Screening, Extraction of Essential Oils and Antioxidant Activity of Five Species of Unconventional Vegetables. **American Journal of Plant Sciences**, v. 6, p. 2632-2639, 2015.
- CHISTÉ, R. C. et al. Quantificação de cianeto total nas etapas de processamento das farinhas de mandioca dos grupos seca e d'água. **Acta Amazônica**, v. 40, p. 221-226, 2010.
- DEPONTI, C. M. et al. O mercado institucional da compra de alimentos da agricultura familiar – PAA E PNAE – no território do vale do rio pardo/RS. **Revista Desenvolvimento Regional em debate**, v. 8, n. 1, p. 4-24, 2018.
- DE JESUS BENEVIDES, C. M. et al. Fatores antinutricionais em alimentos: revisão. **Segurança Alimentar e Nutricional**, v. 18, n. 2, p. 67-79, 2011.
- DE SOUZA, D. C. et al. Influence of irrigation, planting density and vegetative propagation on yield of rhizomes of starch the arrowroot. **Revista de Ciências Agrárias (Lisboa)**, v. 41, n. 3, p. 683-691, 2018.

DE SOUZA, D. C. et al. Conservação pós-colheita de araruta em função da temperatura de armazenamento. **Magistra**, v. 28, n.3/4, p.403-410, 2016.

DEMIRKESEN, I., S. et al. Characterization of structure of gluten-free breads by using X-ray microtomography. **Food Hydrocoll.** v. 36, p. 37-44, 2014.

EBDA. Empresa Baiana de Desenvolvimento Agrícola S. A. **EBDA busca resgatar cultura da araruta em Cruz das Almas**. 2013. Disponível em: <<http://www.ebda.ba.gov.br/ebda-resgata-a-cultura-da-ararutaem-cruz-das-almas>>. Acesso em: 25 jun. 2017.

ERDMAN, M. D.; ERDMAN, B. A. Arrowroot (*Maranta arundinacea*): food, feed, fuel, and fiber resource. **Economic Botany**, v. 38, n.3, p. 322-341, 1984.

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. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 8, n. 2, p. 93-98, 2005.

FORZZA, R. C. et al. Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro. **Catálogo de plantas e fungos do Brasil**. Rio de Janeiro: Andrea Jakobsson Estúdio: Instituto de Pesquisa Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2010. v. 1, 871 p.

GAMA, T. S. S.; FURLANETTO, T.W. Diagnóstico de doença celíaca em adultos. **Rev Assoc Med Bras**.v.56, n.1, p.122-126, 2010.

GÓMEZ, J. C. et al. Prevalence of celiac disease in Argentina: screening of an adult population in the La Plata area. **Am. J. Gastroenterol.** v. 96, p. 2700-2704, 2001.

HARMAYANI, E.; KUMALASARI I, D.; MARSONO Y. 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, 278-284, 2011.

HAULY, M. C. O.; MOSCATTO, J. A. Inulina e oligofrutose: uma revisão sobre propriedades funcionais, efeito prebiótico e importância na indústria de alimentos. **Semina: Technol. Ex.**, v. 23, n. 1, p. 105-118, 2002.

JOLY, C. A., VERDADE, M.; BERLINCK, R. G. S. Diagnóstico da pesquisa em biodiversidade no Brasil. **Rev. Usp.** v. 89, p. 114-133. 2011.

JYOTHI, A. N.; SAJEEV, M. S.; SREEKUMAR, J. N. Hydrothermal modifications of tropical tuber starches. Effect of heat-moisture treatment on the physicochemical, rheological and gelatinization characteristics. **Starch-Stärke**, v. 62, n.1, p. 28-40, 2010.

KINUPP, V. F.; LORENZI, H. **Plantas alimentícias não convencionais (PANC) no Brasil: guia de identificação, aspectos nutricionais e receitas ilustradas**. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2014. 768p.

KUMALASARI, I. D. et al. Evaluation of immunostimulatory effect of the arrowroot (*Maranta arundinacea*. L.) in vitro and in vivo. **Cytotechnology**, v. 64, n. 2, p. 131–137. 2012.

LEÃO, V. M et al. 2015. Usos e benefícios das plantas em comunidades rurais de Capanema, Pará, Brasil. **Cadernos de Agroecologia**, v. 10, n.3, p. 1-5.

LEÓN, J. **Botânica de los cultivos tropicales**. San Jose: IICA, 1987. 445 p.

LEONEL, M.; CEREDA, M. P. Caracterização físico-química de algumas tuberosas amiláceas. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v. 22, p. 65-69, 2002.

LEONEL, M. Análise da forma e tamanho de grânulos de amidos de diferentes fontes botânicas. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v. 27, p. 579-588, 2007.

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.

MARTINS, P. S. Dinâmica evolutiva em roças de caboclos amazônicos. **Estud. Av.** v. 19 n. 53, 2005 .

MASON, W. R. Starch use in food. In: BeMiller, J.; Whistler, R. (Eds.). **Starch: Chemistry and Technology** West Lafayette: Academic Press. 2009. p. 745-795.

MONTEIRO, D. A.; PERESSIN, V. A. Cultura da araruta. In: CEREDA, M. P. (Coord.). **Agricultura: tuberosas amiláceas Latino Americanas**. São Paulo: Fundação Cargill, 2002. v. 2. p. 440-447.

NEVES, M. C. P.; COELHO, I. S.; ALMEIDA, D. L. **Araruta: Resgate de um cultivo tradicional**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2005. 4 p. (Embrapa Agrobiologia. Comunicado Técnico, 79). Disponível em: <www.cnpab.embrapa.br/system/files/downloads/cot079.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2016.

PECKOLT, T.; PECKOLT, G. **História das plantas medicinais e úteis do Brasil**. Rio de Janeiro: Laemmert e C, 1893. (5º Fascículo).

PERES, M. B.; VERCILLO, U. E; DIAS, B. F. S. Avaliação do Estado de Conservação da Fauna Brasileira e a Lista de Espécies Ameaçadas: o que significa, qual sua importância, como fazer? **Biodiversidade Bras.**, p.45–48, 2011.

PILLA, M. A. C.; AMOROZO, M. C. M. O conhecimento sobre os recursos vegetais alimentares em bairros rurais no Vale do Paraíba, SP, Brasil. **Acta botânica brasílica**, v. 23, n. 4, p. 1190-1201, 2009.

PIO CORRÊA, M. **Dicionário das plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas**. Rio de Janeiro: Imprensa Nacional. Editado pelo Serviço de Informação Agrícola, 1984. v. 1. p. 150-151, 309.

- PURSEGLOVE, J. W. **Tropical crops: monocotyledons**. England: Longman Group Limited, 1985.
- RESTREPO, M. P. V.; GRISALES, S. O.; SÁNCHEZ T. Morfología de la planta y características de rendimiento y calidad de almidón de sagú. **Acta Agronómica**, p. 372-380, 2010.
- RIOS, M. N. das et al. ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DE MADEIRAS TROPICAIS. PRODUÇÃO NÃO-MADEIREIRA E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL NA AMAZÔNIA. **Projeto ITTO PD 31/99 REV. 3(I)**, Universidade de Brasília - UnB, 2005.
- ROESLER, P. V. S. O. et al. Produção e qualidade de raiz tuberosa de cultivares de batata-doce no oeste do Paraná. **Acta Sci. Agron.**, 1, 30, 117-122, 2008.
- ROSSI, D. M. et al. Triagem preliminar da presença de inulina em plantas alimentícias. **Alim. Nutr.**, Araraquara, v. 22, p. 247-250, 2011.
- SILVA, L. F. L. **Hortaliças não convencionais: quantificação do DNA, contagem cromossômica, caracterização nutricional e fitotécnica**. 2015. 141p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2015. 141 p.
- SILVA L. F. L., et al. Nutritional evaluation of non-conventional vegetables in Brazil, **Anais da Academia Brasileira de Ciência**, v. 90, n. 2, p. 1-13, 2018.
- SILVEIRA, J. R. S. et al. Resgate da cultura da araruta junto aos agricultores familiares no Território do Recôncavo da Bahia. **Cadernos de Agroecologia**, 8, 2013.
- SIRITUNGA, D.; SAYRE, R. Engineering cyanogen synthesis and turnover in cassava (*Manihot esculenta*). **Plant Molecular Biology**, v. 56, p. 661-669, 2004.
- VAN VELZEN, A. G. et al. The oral bioavailability of nitrate from nitrate-rich vegetables in humans. **Toxicology letters**, v. 181, n. 3, p. 177-181, 2008.
- VIEIRA, I. C. et al. Titulação amperométrica de compostos fenólicos usando polifenol oxidase de vegetal como titulante. **Eclética química**, 29, p. 7-14, 2004.
- VIEIRA, J. C. B., et al. Desempenho da araruta 'Viçosa' consorciada com crotalária. **Agrária**, Recife, v.10, n. 4, p.518-524, 2015.
- WOBETO, C. et al. Cianeto na farinha e folhas de mandioca (*Manihot esculenta*). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 28, p. 1115-1118, 2004.
- XAVIER, J. B. et al. Nutritive potential of amaranth weed grains. **African Journal of Agricultural Research**. v. 13, n.22, p. 1140-1147, 2018

SEGUNDA PARTE – ARTIGOS*

**ARTIGO 1 - INFLUENCE OF IRRIGATION, PLANTING
DENSITY AND VEGETATIVE PROPAGATION ON YIELD OF
RHIZOMES OF ARROWROOT STARCH**

Artigo formatado de acordo com a norma do periódico

Ciências Agrárias de Portugal (Lisboa)

PUBLICADO EM AGOSTO DE 2018

Volume 41, Nr.3, p.6833-691 (jul-set 2018)

ABSTRACT: The arrowroot is considered a non-conventional vegetable which has aroused interest in the food industry because of its starch content with differentiated characteristics and high commercial value. However, agronomic management information is scarce, making it difficult to compete with other species of similar purpose, and more studies are needed regarding the crop. The aim of this study was to define adequate agronomic practices in crop aiming the productivity the rhizome, yield the starch of arrowroot. The factors evaluated were the different levels of irrigation, the planting and the plant densities. The randomized block design was used in the field trial while the totally randomized block design was used in the laboratory tests. Through the treatments, crop yield ranged from 0.68 (seedlings; without irrigation; 31250 plants ha⁻¹) to 60.09 t ha⁻¹ (seedlings; irrigated; 31250 plants ha⁻¹), while starch production ranged from 50 to 6350 kg ha⁻¹. The highest yield of rhizomes was obtained in plants produced by seedlings along with the highest density of plants, and the highest production of arrowroot starch was extracted from rhizomes from plants produced by seedlings without irrigation and a density of 50000 plants ha⁻¹.

Keywords: *Maranta arundinacea* L., non-conventional vegetables, starch, rescue.

RESUMO: A araruta é considerada uma hortaliça não convencional, que vem despertando interesse da indústria alimentícia, em virtude de seu amido, com características diferenciadas e elevado valor comercial. Contudo, são escassas as informações quanto ao manejo agrônomo, dificultando sua competição comercial com outras espécies de finalidade semelhante, sendo necessários mais estudos com a cultura. Diante disso, objetivou-se definir práticas adequadas de manejo da cultura visando produtividade de rizomas, rendimento de fécula e amido de araruta. Os fatores avaliados foram diferentes níveis de irrigação, sistemas de plantio e de densidades de plantas. O delineamento experimental foi de blocos casualizados no ensaio de campo e, inteiramente casualizados para as análises laboratoriais. Mediante os tratamentos, a produtividade da cultura variou de 0,68 (mudas; sem irrigação; 31250 plantas ha⁻¹) a 60,09 t ha⁻¹(mudas; irrigado; 31250 plantas ha⁻¹), enquanto que a produção de amido foi de 50 a 6.350 kg ha⁻¹. A maior produtividade de rizomas foi obtida em plantas produzidas por mudas juntamente com a maior densidade de plantas, e a maior produção de fécula e amido de araruta foi extraída de rizomas oriundos de plantas produzidas por mudas, sem uso de irrigação e com densidade de 50.000 plantas ha⁻¹.

Palavras-chave: *Maranta arundinacea* L., hortaliças não convencionais, amido, resgate.

INTRODUCTION

The arrowroot (*Maranta arundinacea* L.) is an herbaceous, perennial and rhizomatous plant belonging to the order Zingiberales, family Marantaceae, also known as maranta. The species is considered rustic with a rich and mycorrhizal root system. Its center of origin is probably Latin America and found natively in the Venezuelan forests (Ferrari *et al.*, 2005; Valdes Restrepo *et al.*, 2010). The starch extracted from the rhizomes of the plant is an alternative source of carbohydrate for consumption or raw material used in the food and non-food industry. Some researchers indicates that it is possible to make a layer of arrowroot starch in order to coat fruits and vegetables to increase post-harvest. It is a product appreciated for its medicinal properties in the treatment of gastrointestinal disorders, as well as being an easily digested starch in the human body due to the absence of gluten (Maulani & Hidayat, 2016).

Because of its differentiated properties, the arrowroot starch reaches a higher price on the international market than similar products such as starch from maize, rice, wheat, oats, barley, manioc and potatoes. This is an excellent opportunity, given that the food industry is facing the difficulties of commercialization of modified starches for use in food. This fact has led the food, textile, chemical and pharmaceutical industries to search for natural starches with properties that meet market requirements such as the starch from arrowroot (Monteiro & Peressin, 2002; Ferrari *et al.*, 2005) increasing demand for this product.

Preliminary studies have shown that the yield of the arrowroot starch as well as its physicochemical properties are related to crop management, as well as the post-harvest handling of rhizomes (Leonel, 2007). Although Brazil, due to the climatic conditions, presents great potential to produce arrowroot starch, this crop is underutilized, since the cultivation is restricted to certain localities without the use technologies. As it is considered a rustic crop

without great impact, the study on basic technologies such as fertilizer use, planting density, irrigation, among others, has been neglected, disregarding the potential impact of arrowroot starch in the national and international market.

Considering the potential relevance of arrowroot starch to the agribusiness, especially for family agriculture (Vieira *et al.*, 2015), it is of fundamental importance the rescue of the species and consequently studies to encourage their production, since there are no available technical information regarding the recommendations of crop management such as fertilization, spacing, irrigation, pest control, diseases and weeds and their effects in the production of starch (Souza *et al.*, 2016).

In view of the above, due to the lack of national and international scientific results to support the cultivation of arrowroot, the objective was to define adequate practices of crop management aiming increase the productivity the rhizome for the yield the starch of arrowroot.

MATERIAL AND METHODS

The experiment was conducted between October 2014 and August 2015, in the experimental area of the Olericulture Sector of the Department of Agriculture of the Federal University of Lavras (UFLA) in Lavras, south of the State of Minas Gerais, Brazil, which is located at the latitude 21° 14' S, longitude 45° 00' W and altitude 918,8 m. The climate of the region, according to the climatic classification of Köppen, is Cwa (mesothermal) with dry winters and rainy summers (Brasil, 1992). During the experiment, in the region, the average air temperature was 21.2°C, and the minimum and maximum averages were 16.6°C and 27.7°C, respectively. The total rainfall was 1105.6 mm, with the wettest month being November with a level of 249.4 mm and the driest month being July with a level of 1.7 mm. The climatic data of the experimental area during the field stay are shown in Figure 1.

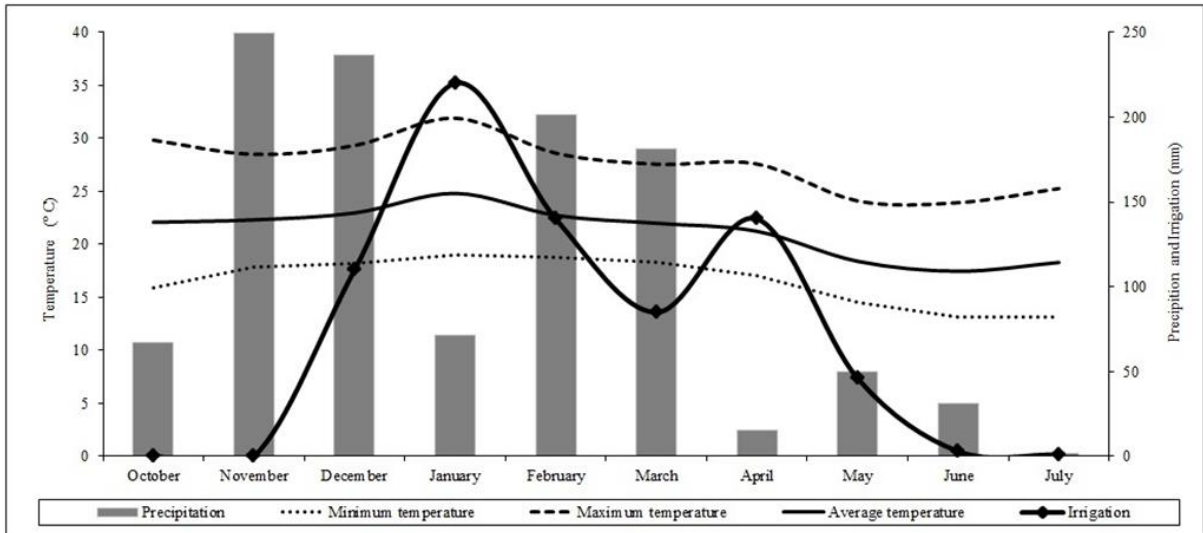


Figure 1: Climatic data of the Lavras Meteorological Station and amount of water used in the irrigation of the arrowroot experiment in the agricultural years of 2014 and 2015.

Three factors were studied: plant material (PM), ways of irrigation (I) and planting density (PD). Each factor contained two specific categories (PM: rhizomes planted directly in the field and seedlings formed in polythene bags, in a screened and later taken to field; I: irrigated and without irrigation; PD: 31250 and 50000 plants ha⁻¹). Therefore, eight treatments in the 2 x 2 x 2 factorial scheme, in a randomized block design (DBC) with four replicates, each replicate being one block. Each plot had 18 plants and, to avoid the influence on the portion of the treatments applied in the neighboring plots, the bordering effect was considered, thus containing four useful plants per plot.

The soil preparation was done in a conventional way with a plowing and two harrows and the beds were raised with a bedtiller in the dimensions of 1.25 meters wide by 0.25 meters high. The soil of the experimental area is classified as Dystroferic Red Latosol and characteristics of the topsoil layer of 0 to 20 cm are presented in Table 1. Based on the soil chemical analysis, liming was performed using 0.24 t ha⁻¹ of limestone (PRNT 100%). The fertilization of plantation incorporated to the pit was carried out. Hereafter, 75 days after planting, the top dressing was applied near the plant with superficial incorporation, according

to recommendations adapted for tuberous (Ribeiro *et al.*, 1999), with ammonium sulfate, single super-phosphate and potassium chloride, the amounts of fertilizers varied according to plant density ha⁻¹. The cultural treatments were carried out according to the need of the culture, like the weeding, the combat to the leaf-cutting ants and heaping realized in the beginning of January.

Table 1 - Physical-chemical analysis of the soil performed in the experimental area.

pH (KCl)	K	P	Na	Zn	Fe	Mn	Cu	B	S	
6,1	50,00	2,60	-	1,22	69,81	17,49	0,64	0,43	6,63	
Ca	Mg	Al	H+Al	SB	t	T	V	m	M.O.	P-Rem
-----cmol dm ⁻³ -----							-----%-----			
1,80	0,60	0,10	2,08	2,53	2,63	4,61	54,84	3,80	2,61	21,07
Clay				Silt		Sand		Soil texture		
----- dag Kg ⁻¹ -----										
36				18		46		Clayey		

In the planting, arrowroot rhizomes of the "Seta" cultivar were used, originated from UFLA's Non-Conventional Vegetables Germplasm collection, since there is no propagation of the species by seeds in tropic regions (Souza *et al.*, 2016). The rhizomes were cut containing about 30 to 60 g, with at least three meristems, to generate each plant. The plants were irrigated on a daily basis.

Both the seedlings and the rhizomes in the field were planted at the beginning of October. The seedlings were produced in polyethylene bags (5,292 cm³) filled in the proportion of 60% commercial substrate Rohrbacher (organic compounds, pine bark and vermiculite), 30% sifted earth and 10% sand. The polyethylene bags were kept in a greenhouse until the transplanting occurred approximately 70 days after planting, when the seedlings presented four definitive leaves. In this initial period, all the materials were irrigated by spraying, daily, to keep the soil always moist during the budding phase until the plants reached around 20 cm (Zárate & Vieira, 2005).

Two levels of planting density were used, corresponding to the spacing of 40 cm between rows and 80 cm between plants, about 3 plants m⁻² and the spacing of 40 cm between rows and 50 cm between plants, resulting in 5 plants m⁻², with part of the experiment being irrigated by drip and part without irrigation. An irrigation system with lateral lines composed of NAAN PC dripping tubes 16 mm in diameter, with emitters spaced between 30 cm and flow of 1.6 L h⁻¹, was used, allowing the wet surface to form a continuous band along the planting line. The irrigation was carried out at intervals of two days with a mean leaf of 7 mm, depending on the rainfall, being suspended 60 days before harvest, aiming at the best quality of the rhizomes. There were variations in the irrigation frequency with months of constant precipitations and months with days of intense precipitation and long periods of drought. Therefore, the irrigation was adapted according to the precipitation frequency (Figure 1).

The harvest was performed at 309 days after planting, when the aerial part of the plants had more than 60% of leaf senescence. The following variables were evaluated: stem diameter (mm) with pachymeter, plant stand (%) and height (cm) throughout the crop cycle; total productivity (t ha⁻¹) and rhizomes weight (g) measured in precision scales; amount of rhizomes (unity plant⁻¹); and rhizome size according to Zárater & Vieira (2005) in three classes: large (> 20 cm), medium (12 to 20 cm) and small (<12 cm).

After the harvest, the rhizomes of each treatment were taken to the Laboratory of Grains, Roots and Tubers of the Department of Food Science of the Federal University of Lavras for starch extraction. Arrowroot rhizomes were washed to remove adhered soil and unnecessary parts and then selected for lack of injuries and deformation. Afterwards, they were cut into 0.5 cm thick slices and weighed. In the laboratory analyzes, the completely randomized design was adopted, with three replicates for each treatment.

For the starch extraction, the rhizomes of each treatment were triturated with distilled water, in the proportion of 1: 1, in an industrial blender (Lucre, model C4, Brazil), and then

filtered into organza fabric. The rhizome residue was stored, while the suspension was rested (± 16 hours) in a refrigerated environment (± 5 ° C). The supernatant was discarded and the precipitated starch was re-suspended with distilled water to be discarded again. This starch suspension and settling procedure was repeated until the product had starch characteristic white color and fine texture. The material was then dried in a forced air circulation oven at 45° C until reaching a constant mass and cooled to room temperature. Afterwards, it was reduced to powder, using gral and pistil, sieved in a sieve of 0.350 mm and, finally, packed in a bottle until its later use (Daiuto & Cereda, 2003).

The starch was identified by washing for the removal of sugars, autoclaving, neutralization, deproteinization and determination by reading in a spectrophotometer at 510 nm, according to the norms of the Adolfo Lutz Institute (2008).

The results were analyzed with observations of means and standard deviation, and the evaluations submitted to analysis of variance. For the quantitative effects the data were adjusted to a regression model. The experimental precision was analyzed using the coefficient of variation (CV) and the statistical analysis performed with the aid of SISVAR® software (Ferreira, 2011).

RESULTS AND DISCUSSION

According to the analysis of variance (Table 2), the interaction between all the agronomic managements adopted in the experiment (PM x I x PD) was not significant for the evaluated characteristics. However, significant double interactions were observed for the characteristics of plant stand, productivity, weight and rhizome size.

The estimation of the coefficient of variation of greater magnitude was observed for the rhizome size character, 44.83%, and the lowest for the plant stand with 5.37%. Good experimental accuracy is critical to the success of field experiments. Pimentel-Gomes (2009),

when studying the CVs of agricultural trials, classified them as it follows: low when less than 10%; average, between 10 and 20%; high, when they are between 20 and 30%; and very high, when they are higher than 30%.

Table 2 - F value calculated by the analysis of variance and coefficient of variation of the agronomic characteristics evaluated in the experiment.

Agronomic characteristics	VARIABLE FACTORS								CV (%)
	Treatments	I	PM	PD	I x PM	I x PD	PM x PD	I x PM x PD	
Stem diameter (mm)	0,85 ^{ns}	0,59 ^{ns}	1,46 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,09 ^{ns}	2,38 ^{ns}	1,38 ^{ns}	0,02 ^{ns}	15,90
Plant stand	44,47 ^{**}	2,31 ^{ns}	265,45 ^{**}	5,71 ^{ns}	0,43 ^{ns}	2,31 ^{ns}	10,62 [*]	2,31 ^{ns}	5,37
Plant height (cm)	28,53 ^{**}	14,15 ^{**}	222,17 ^{**}	0,27 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,44 ^{ns}	5,97 ^{ns}	0,00 ^{ns}	9,14
Productivity (t ha ⁻¹)	141,62 ^{**}	19,26 ^{**}	855,56 ^{**}	32,07 ^{**}	7,38 [*]	7,30 [*]	68,19 ^{**}	1,56 ^{ns}	17,16
Number of rhizomes (unit planta ⁻¹)	33,73 ^{**}	2,79 ^{ns}	222,87 ^{**}	8,01 ^{**}	0,07 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,76 ^{ns}	1,59 ^{ns}	25,11
Mass of rhizomes (g)	19,43 ^{**}	3,76 ^{ns}	61,89 ^{**}	2,13 ^{ns}	9,04 ^{**}	0,72 ^{ns}	2,49 ^{ns}	4,31 ^{ns}	19,43
Length of rhizomes	0,22 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,73 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,36 ^{ns}	0,27 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,04 ^{ns}	44,83
Rhizomes (> 20 cm)	3,05 [*]	3,37 ^{ns}	7,10 ^{**}	0,52 ^{ns}	6,27 [*]	0,71 ^{ns}	0,05 ^{ns}	3,37 ^{ns}	8,53
Rhizomes (12 a 20 cm)	3,06 [*]	0,01 ^{ns}	0,33 ^{ns}	0,24 ^{ns}	0,38 ^{ns}	18,50 ^{**}	1,86 ^{ns}	0,10 ^{ns}	8,73
Rhizomes (< 12 cm)	2,10 [*]	3,43 ^{ns}	5,79 [*]	0,55 ^{ns}	0,69 ^{ns}	1,93 ^{ns}	1,45 ^{ns}	0,86 ^{ns}	21,44

I: Ways of irrigation; PM: Plant material; PD: Planting density; CV: Coefficient of variation; ^{ns}: not significant; ^{**} significant at 1% probability; ^{*} significant at 5% probability.

The stem diameter, regardless of agronomic management adopted and the interactions between the factors, did not present differences between the treatments, with an average value of 7.62 mm (± 0.56). However, for the plant stand, it was observed that the arrowroot produced by seedlings showed a constant stand during the crop development cycle and treatments with plants derived from rhizomes planted directly in the field varied throughout the evaluated months (Figure 2).

In the plant stand there was interaction between PM x PD, the treatments produced by seedlings in any plant density (31250 or 50000 plants ha⁻¹) presented a stand with a mean of 97.23% (± 0.98) of live plants in the experimental area, whereas in the treatments produced by direct rhizome in the field in a larger spacing, the losses in the stand were of 33.33%. Possibly the irregularity may be due to phytopathogens, because at the planting, the rhizomes used were cut, and in contact with the soil occurs the development of diseases caused by fungus and/or bacteria.

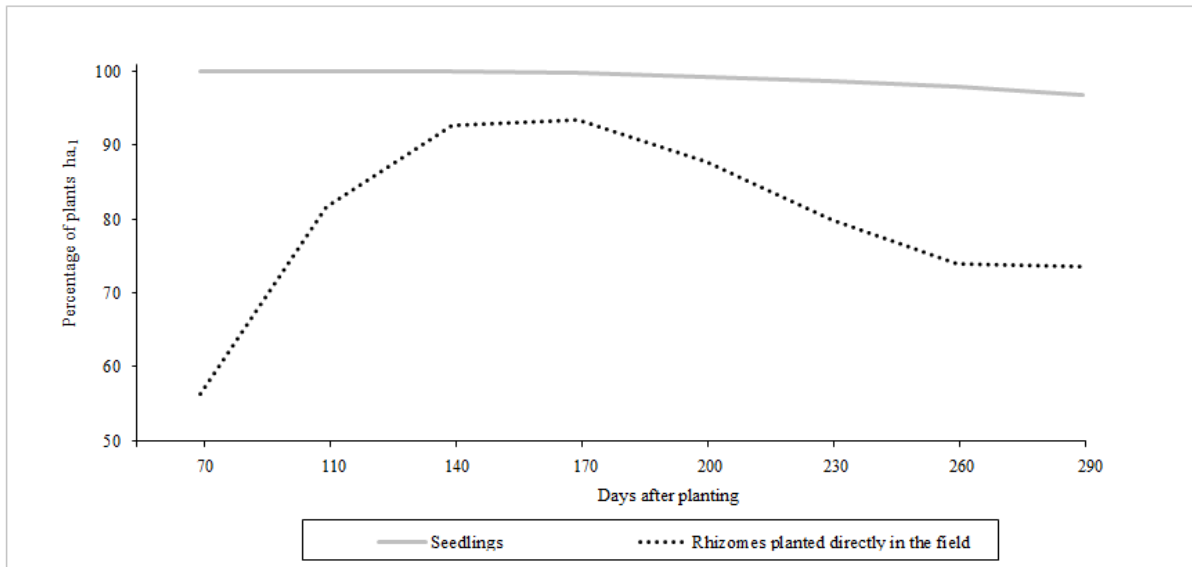


Figure 2: Plant stand along the vegetative cycle of the crop according to the type of planting.

The treatments with higher height were those produced by seedlings (142.99 cm) with an increase of 38.81%, when compared to the plants derived from direct rhizomes in the field. In the irrigated treatments, the increase was 11.46% higher than those conducted without irrigation (Figure 3). The higher the height of the plant, the greater the leaf area tends to be and consequently the greater the conversion of photoassimilates, as well as the increased ability of the crop to compete with weeds (greater plant height has a greater capacity to suppress the growth of competing plants).

In the plant material in which the rhizomes are planted directly in the field, despite the precocity of the production, the non-injury of the roots and with no stress occurring in the adaptation phase of the seedlings after the transplant, there may be problems related to the uniformity of germination and the growth of the plants, compromising the final stand and perhaps the productivity (Filgueira, 2013). So, the production of seedlings has been a viable alternative to minimize possible problems, besides the advantage of hindering the development of weeds due to the closure of the stand.

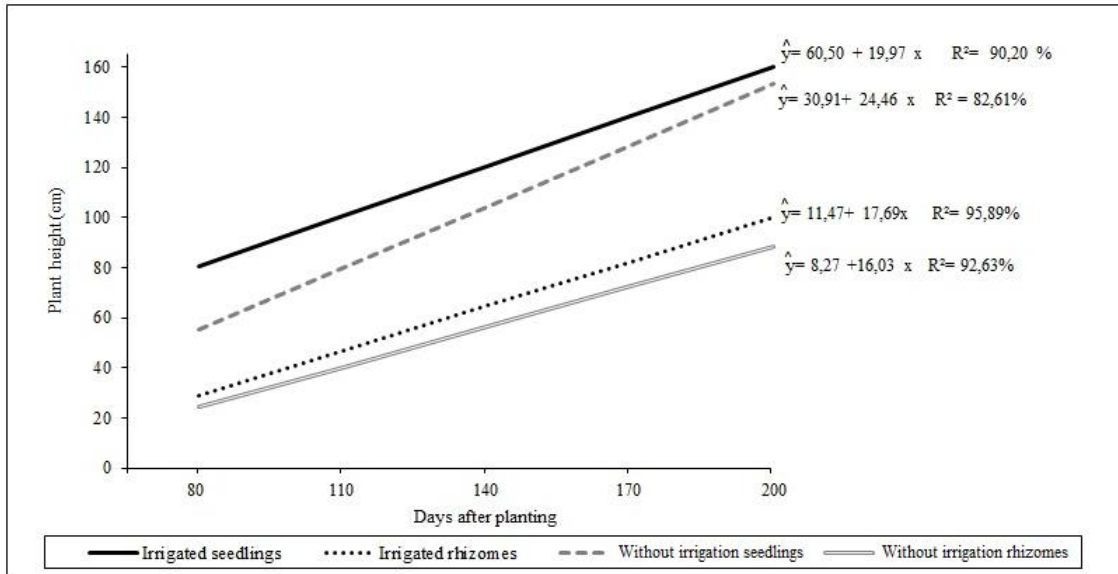


Figure 3: Plant growth of arrowroot over the evaluated months.

Throughout the experiment, during the hours with higher air temperature, the plants conducted in without irrigation presented leafroll. Leaf movement is a mechanism to deal with stress caused by environmental factors, and is generally associated with reduced transpiration so that the plant does not suffer permanent wilt. However, climate change, especially those related to water and thermal stress can limit plant growth, reducing carbon and energy consumption, altering the allocation of photoassimilates by plant organs (Kadioglu *et al.*, 2012; Taiz & Zeiger, 2013).

Arrowroot productivity was influenced by all the factors studied, in which, irrigation per se promotes an increase in rhizome production of 23.53% in comparison to the without irrigation system. Plants grown by seedlings showed a 94.04% increase in relation to no-till in the field, while in the density of 50000 plants ha^{-1} the productivity gains were 29.30% higher than those in the density of 31250 plants ha^{-1} .

The double interactions were also significant for this characteristic, being necessary to perform the splitting between the factors. For I x PD, it was observed that without irrigation treatments and density of 31250 plants ha^{-1} had the lowest productivity (15.32 t ha^{-1}), but irrigated treatments showed no difference between planting densities, with average 28.31 t ha^{-1} .

¹ (± 3.17). In the PM x PD interaction, planting of seedlings in the density of 50000 plants ha⁻¹ was the most productive (57.70 t ha⁻¹) while the rhizomes planted directly in the field, regardless of the density of plants per area, showed lower productivity mean of 2.81 t ha⁻¹ (± 2.78). In the PM x I interaction, planting of seedlings with irrigation presented the highest productivity 52.54 t ha⁻¹ and the lowest 1.55 t ha⁻¹ for treatments planted by rhizomes directly in the field without irrigation.

It is noteworthy that, to increase production, the use of seedlings and of spacing of 40 cm between rows and 50 cm between plants gives better results, without considering the adopted of irrigation. The treatments with these characteristics obtained an average yield of 57.70 t ha⁻¹ (± 3.38), a production gain of extreme relevance, as Zárte & Vieira (2005) obtained an average yield of 18.53 t ha⁻¹ working with "Common" arrowroot rhizomes planted directly in the field, with density of 99000 plants ha⁻¹ with irrigation, Vieira *et al.* (2015) had a similar result, 17.82 t ha⁻¹, planting 'Viçosa' arrowroot rhizomes planted directly in the field spaced 0.80 cm between plants and 0.40 cm in the rows, with a density of 31250 plants ha⁻¹ and dry farming.

The production of rhizomes is directly correlated with agronomic characteristics such as plants height and stand. For these characters, a strong and positive correlation was observed, 0.83 and 0.84, respectively. The number and mass of rhizomes were significantly influenced by the plant material, promoting an increase of approximately 80 and 40%, respectively, when the plants were obtained by seedlings.

Planting density affected the number of rhizomes, with denser spacing ensuring a higher number of rhizomes per plant. Data with the potato crop corroborate, partially, with the present study, that plants conducted in smaller spacing provide a greater number of tubers, due to the greater competition among the plants, but without effect on productivity, being the increase in the number of tubers not sufficient to increase production, due to the increase in

the number of small tubers (Queiroz *et al.*, 2013). However, arrowroot did not present this expected behavior, planting density did not affect the rhizome mass with a mean value of 74.75g rhizomes⁻¹ (± 5.30), which allowed to reach higher production in planting with higher populational density.

The results for length of rhizomes, when evaluated together, presented a very high coefficient of variation and without any interference of the factors under study. However, it was necessary to separate the rhizomes by size classes to verify the performance of each factor. Rhizomes of large size (> 20 cm) and small size (<12 cm) were significantly influenced by the plant material, being larger in plants originated through seedlings. In relation to the rhizomes with size between 12.01 and 20 cm there was WH x PD interaction, with a mean length of 16.21 cm (± 1.25). The handling with lower population density and submitted to irrigation obtained smaller size compared to the nursery rhizomes, and in condition of greater density the behavior was opposite.

Under similar cultivation conditions Zárte & Vieira (2005) obtained a mean mass of 77.69 g rhizome⁻¹ and a length of 22.18 cm, 15.55 cm and 7.51 cm for medium and small-sized rhizomes, respectively, similar characteristics to that found in this study, mean mass of 74.75 g rhizome⁻¹ and length of 25.71 cm, 16.20 cm and 8.90 cm for the large, medium and small classes. These results allow to observe that these characters are intrinsic to the used rhizomes and the way of conducting the crop (Zárte *et al.*, 1999).

After the harvest, the rhizomes were processed, as the commercial product for the cultivation of arrowroot is the starch. In view of this, it is essential to evaluate the yield and the industrial and nutritional properties of the obtained product. The extraction of the starch is a way to conserve the nutritional characteristics of the rhizome, because it is a product powder, therefore it presents / displays low water activity and thus long storage period. For

industry, these results are of fundamental importance as they are associated with the final cost of the product (Streck *et al.*, 2014).

Table 3 shows the combined effect of irrigation and plant material, as well as the plant material and plant density in the starch yield. For starch, there was a combined effect of the three analyzed factors (I x PM x PD).

Table 3 - Value of F calculated by the analysis of variance and coefficient of variation of the analyzes of fecula yield (g 100g⁻¹) and amount of starch (g 100g⁻¹) in arrowroot fecula.

Analysis	Treatments	VARIABLE FACTORS							CV (%)
		I	PM	PD	I x PM	I x PD	PM x PD	I x PM x PD	
Starch yield	4,19**	3,01 ^{ns}	2,26 ^{ns}	1,96 ^{ns}	12,69**	0,09 ^{ns}	8,71**	0,64 ^{ns}	17,23
Amount of starch	14,31 ^{ns}	0,88 ^{ns}	1,19 ^{ns}	61,17**	14,04**	7,33**	9,52**	6,03**	2,21

I: Ways of irrigation; PM: Plant material; PD: Planting density; CV: Coefficient of variation; ^{ns}: not significant; ** significant at 1% probability; * significant at 5% probability.

In the unfolding of the interactions it is correct to state that for the extraction of starch from the rhizomes, in the interaction of I x PM, the products from seedlings and irrigation system have a reduction in yield of 29.53% compared the other crop managements, while in the interaction of PD x PM there was a decreased yield by 25.50% when coming from seedlings and density of 31250 plants ha⁻¹. Thus, the treatment that presents these factors in common (produced by seedlings, irrigation and greater spacing) has the lowest extraction yield, from 6.61 g of starch to 100 g of rhizome, and the most efficient treatments have an average extraction of 11.80 g 100 g⁻¹ (± 1.23).

The starch content did not differ between treatments, with an average value of 86.09 g of starch to 100 g (± 5.09), close to the results found by Ferrari *et al.* (2005) with 84.95 g 100 g⁻¹. However, there was a triple interaction that affected the amount of arrowroot starch, where the starch obtained from rhizomes produced under conditions of greater spacing under irrigation and from rhizomes directly in the field presented higher starch content. This is probably due to less competition between the plants for light and consequently to the greater production of photoassimilates, among them the starch.

For there to be significant decreases in the average starch percentages of the roots, factors that have a strong impact on the normal development of the plants are necessary. One of the factors is competition with weeds or with the crop itself (Filho *et al.*, 2003).

With the association of rhizome productivity data, yield on the extraction and amount of starch it is possible to estimate the production by area. The treatment 2 (conducted without irrigation, by seedlings and density of 50000 plants ha⁻¹) presented a higher yield in the extraction (13.54 g 100 g⁻¹), which reached a yield of 55.31 t ha⁻¹ rhizomes, with 7.49 t ha⁻¹ starch, and 6.35 t ha⁻¹ starch. In addition, the irrigated treatment, produced by seedlings and in the density of 50000 plants ha⁻¹, which despite the lower yield (8.94 g 100 g⁻¹) had a good productivity in the field (60.09 t ha⁻¹) that compensated the final starch production with 5.37 t ha⁻¹ and 4.40 t ha⁻¹ of starch (Figure 4) also deserves to be mentioned.

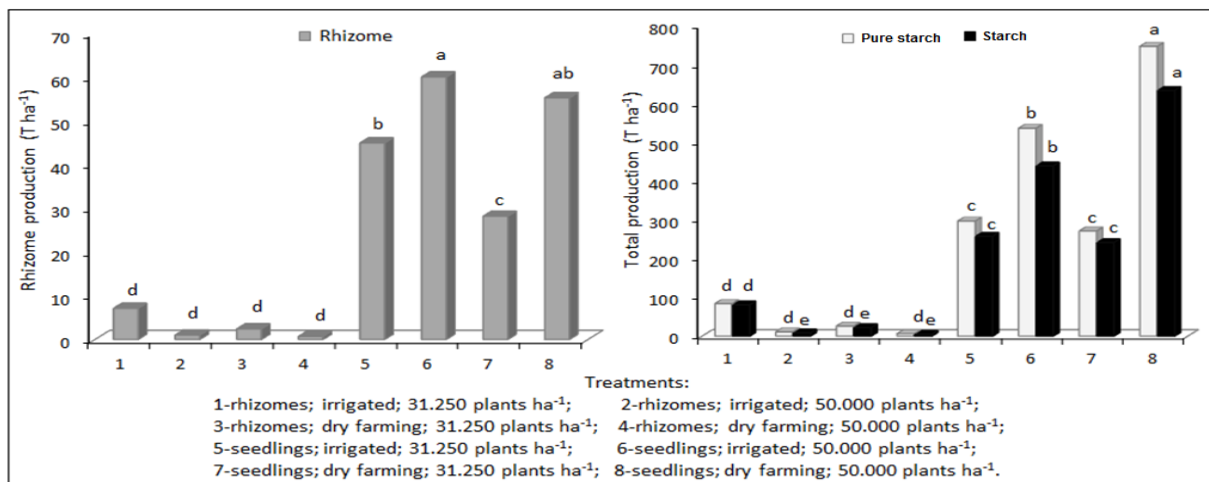


Figure 4: Estimated value for rhizomes, pure starch and arrowroot starch yield through different planting techniques.

It should be noted that at the end of the month of December until mid-January there was a great period of drought, atypical for the region, in fact inferring the productivity of the crop. In these climatological conditions, to associate the planting of seedlings in denser spacing, aiming at higher planting density, confers better results for the components of crop production. The use of irrigation allowed to achieve higher productivity in the field, however,

the extraction of starch yield was lower, if the cost of production of irrigation is considered, the without irrigation system is the most indicated.

CONCLUSIONS

The production of 'Seta' arrowroot rhizomes is influenced by the plant material, irrigation and plant density. The highest rhizomes yield was obtained in plants produced by seedlings with the highest density of 50000 plants ha⁻¹.

The highest starch yield was obtained from rhizomes originating from plants produced by seedlings, without irrigation use and in density of 50000 plants ha⁻¹.

Acknowledgments

The authors are grateful to the Minas Gerais Research Support Foundation (FAPEMIG), the National Council for Scientific and Technological Development (CNPq), the Coordination of Personal Improvement of Higher Education (Capes / MEC), the Federal University of Lavras (UFLA), the Teaching, Research and Extension Support Foundation (FAEPE) and the Foundation for Scientific and Cultural Development (Fundecc).

References

- Instituto Adolfo Lutz (2008) - *Métodos físico-químicos para análise de alimentos*. Instituto Adolfo Lutz, São Paulo. 1020 p.
- Brasil (1992) - *Normais climatológicas: 1961-1990*. Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária. Departamento Nacional de Meteorologia. Brasília, DF, 84 p.
- Daiuto, E.R. & Cereda, M.P. (2003) - Amido como suporte na desidratação por atomização e em microencapsulamento. In: Cereda, M.P. & Vilpoux, O.F. (Eds.) - *Tecnologia, usos e potencialidades de tuberosas amiláceas sul americanas*. São Paulo: Fundação Cargill, p. 449-475.

- Ferrari, T.B.; Leonel, M. & Sarmiento, S.B.S. (2005) - Características dos rizomas e do amido de araruta (*Maranta arundinacea*) em diferentes estádios de desenvolvimento da planta. *Brazilian Journal of Food Technology*, vol. 8, n. 2, p. 93-98.
- Ferreira, D.F. (2011) - Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, vol. 35, n. 6, p. 1039-1042. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>
- Filgueira, F.A.R. (2013) - *Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças*. Universidade Federal de Viçosa: Empresa Júnior de Agronomia, 421 p.
- Filho, A.G.; Strohhaecker, L. & Fey, E. (2003) - Profundidade e espaçamento da mandioca no plantio direto na palha. *Ciência Rural*, vol. 33 n. 3, p. 461-467. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782003000300011>
- Kadioglu, A.; Terzi, R.; Saruhan N. & Saglam, A. (2012) - Current advances in the investigation of leaf rolling caused by biotic and abiotic stress factors. *Plant Science*, vol. 182, p. 42-48. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2011.01.013>
- Leonel, M. (2007) - Análise da forma e tamanho de grânulos de amidos de diferentes fontes botânicas. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, vol. 27, n. 3, p. 579-588. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612007000300024>
- Maulani, R.R. & Hidayat, A. (2016) - Characterization of the functional properties of hydroxypropylated and cross-linked arrowroot starch in various acidic pH mediums. *International Journal of Technology*, vol. 7, n. 1, p. 176-184. <https://doi.org/10.14716/ijtech.v7i1.1226>
- Monteiro, D.A. & Peressin, V.A. (2002) - Cultura da araruta. In: Cereda, M.P. (Ed.) - *Agricultura: tuberosas amiláceas Latino Americanas*. São Paulo: Fundação Cargill, vol. 2, p. 440-447.
- Pimentel-Gomes, F. (2009) - *Curso de estatística experimental*. Piracicaba: FEALQ, 451 p.
- Queiroz, L.R.M.; Kawakami, J.; Muller, M.M.L.; Umburanas, R.C. & Eschemback, V. (2013) - Tamanho de tubérculo-semente e espaçamento na produtividade de batata em condições de campo. *Comunicata Scientiae*, vol. 4, n. 3, p. 308-315.

- Ribeiro, A.C.; Guimarães, P.T.G. & Alvarez, V.H. (1999) - *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª Aproximação*. Comissão de fertilidade do solo do estado de Minas Gerais, 322 p.
- Souza, D.C.; Silva, L.F.L.; 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*, vol. 28, n. 3/4, p. 403-410.
- Streck, N.A.; Pinheiro, D.G.; Zanon, A.J.; Gabriel, L.F.; Rocha, T.S.M.; Souza, A.T. & Silva, M.R. (2014) - Efeito do espaçamento de plantio no crescimento, desenvolvimento e produtividade da mandioca em ambiente subtropical. *Bragantia*, vol. 73, n. 4, p. 407-415. <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4499.0159>
- Taiz, L. & Zeiger, E. (2013) - *Fisiologia Vegetal*. Artmed. 954 p.
- Valdes Restrepo, M.P.; Ortiz Grisales, S. & Sanchez, T. (2010) - Morfología de la planta y características de rendimiento y calidad de almidón de sagú. *Acta Agronomica*, vol. 59, n. 3, p. 372-380.
- 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*, vol. 10, n. 4, p. 518-524. <http://dx.doi.org/10.5039/agraria.v10i4a5271>
- Zárate, N.A.H.; Vieira, M.C. & Griep, R. (1999) - Produção dos clones de cará Liso e Caramujo conduzidos em forma rasteira e tutorada. *Horticultura Brasileira*, vol. 17, n. 1, p. 45-48. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05361999000100012>
- Zárate, N.A.H. & Vieira, M.C. (2005) - Produção da araruta “comum” proveniente de três tipos de propágulos. *Ciência e Agrotecnologia*, vol. 29, n. 5, p. 995-1000. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542005000500012>

Artigo 2 - Characterization of arrowroot starch in different agronomic managements

ABSTRACT

Arrowroot is a plant originated in Latin America that has aroused interest in the food industry due to its high starch content, with differentiated characteristics and high commercial value. However, information on the management of arrowroot are scarce, precluding its commercial competition with other similar species, being necessary further studies with the crop. Therefore, the aim of the present study was to characterize arrowroot starches from different agronomic treatments, seeking the quality of product in response to the adopted management. Three agronomic factors were studied: planting systems (PS), forms of water management (WM) and planting density (PD). The experimental analyses were performed in a completely randomized design (CRD) with three replicates, being evaluated the extraction yield, percent composition, quantity of starch, pH, titratable acidity, swelling power, solubility and electron microscopy analysis. In general, the analyzed starches deriving from different agronomic treatments have low crude fiber, besides typical characteristics of arrowroot starch such as texture, color, shape and size of granules, without any other apparent particle than the starch itself, indicating extraction efficiency. The agronomic management also did not influence the swelling power of the evaluated starches. However, the planting density contributed to influence some parameters of the chemical composition of the starch, such as the content of starch, ash, ether extract, protein and carbohydrate fraction.

Keywords: *Maranta arundinacea* L. Phytotechnical management. Planting density. Planting systems. Unconventional vegetables. Water management.

RESUMO

A araruta é uma planta originada da América Latina que vem despertando interesse da indústria alimentícia, em virtude de seu elevado teor de amido, com características diferenciadas e elevado valor comercial. Contudo, são escassas as informações quanto ao manejo agrônômico da araruta, dificultando sua competição com outras espécies de finalidade semelhante, sendo necessários mais estudos com a cultura. Diante disso, o objetivo do presente estudo foi caracterizar o amido extraído de araruta cultivada sob diferentes manejos agrônômicos. Três fatores agrônômicos foram estudados: sistemas de plantio (PS), formas de manejo da água (MA) e densidade de plantio (DP). As análises experimentais foram realizadas em delineamento inteiramente casualizados (DIC) com três repetições, sendo avaliado o rendimento da extração, composição centesimal, quantidade de amido purificado, pH, acidez titulável, poder de inchamento, solubilidade e análise de microscopia eletrônica. De modo geral, os tratamentos analisados provindos de diferentes manejos fitotécnicos apresentaram baixo teor de fibra bruta, além de características típicas, o amido extraído da araruta apresenta textura, cor, formato e tamanho de grânulos, sem nenhuma outra partícula aparente, senão o próprio amido, indicando eficiência do processo de extração. O manejo agrônômico também não influenciou o poder de inchamento dos amidos avaliados. No entanto, o fator densidade de plantio influenciou diretamente alguns parâmetros da

composição química do amido, como o teor de amido, cinzas, extrato etéreo, proteína e fração glicídica.

Palavras-chave: Densidade de plantio. Hortaliças não convencionais. Manejo de água. Manejo fitotécnico. *Maranta arundinacea* L. Sistema de plantio.

1 INTRODUCTION

Starch is an amylaceous product extracted from edible parts of plants, such as tubers, roots and rhizomes. Currently, several products are found in the market using starch as raw material. In the food industry, this carbohydrate can be used to improve texture, such as thickening agent, colloidal stabilizer, gelling agent and water retention. It is common to find a high number of products made from cassava and maize starch, since their characteristics and behavior are known, whereas starches from other unconventional sources are not as popular (LUCAS; CASTAÑO; VALENCIA, 2013; ANDRADE; BARBOSA; PEREIRA, 2017).

Arrowroot (*Maranta arundinacea* L.) is an example of these new sources. The species is attracting interests from the industries that produce starch in Brazil due to reports of differentiated properties of this starch in bakery products, being used as food for children, elderly or patients with intestinal disorders due to its high digestibility. Moreover, it has been a potential dietary solution for special diets, e.g., for people with celiac disease (MADHAVA et al., 2012; DORTA VILLEGAS; PÉREZ, 2014).

The price of the arrowroot starch in the national market has reached values of R\$ 15,00 to 20,00 per kg, being even more valued in the international market (cost of 450 g around USD 22,19) (EBDA, 2013), because of this, the cultivation of arrowroot has become a potential option in Brazilian agribusiness, especially for family agriculture (VIEIRA et al., 2015).

However, the conservation of the species and hence studies aimed at encouraging production are fundamental, since there is no available technical information regarding the recommendations of agronomic management such as fertilization, spacing, water management, pest control, diseases and weeds and their effects on production (SOUZA et al., 2016) in this species. In other cultures, studies evidence that the management is directly correlated with the quality and yield of the product. For instance, cassava is considered as tolerant to drought conditions and low soil fertility, however, it shows increased productivity

when irrigated under water restriction conditions (OLIVEIRA; COELHO; NOGUEIRA, 2006), although the high water availability associated with high concentrations of nitrogen in the soil usually result in excessive shoot development and low root production (HOWELER, 1982).

The result from the interaction of crop conditions (influence of soil, climate, pests, crop and cultivar management) and the influence of harvesting, drying and storage operations are factors that directly influence the industrial use to be given to the product. In face to the lack of scientific results to subsidize the cultivation of this species, the objective of the present study was to characterize starch from arrowroot grown under different agronomic management.

2 MATERIAL AND METHODS

2.1 Design of the experiment

The experiment was performed between October 2014 and August 2015, in Lavras, south of the State of Minas Gerais, Brazil, located at 21° 14' S, 45° 00' W and 918.8 m altitude. The climate of the region is Cwa (mesothermal) with dry winter and rainy summer, according to Köppen classification (BRASIL, 1992).

Three factors were studied: planting systems (PS), forms of water management (WM) and planting density (PD). Each factor contained two specific categories (PS: rhizomes planted directly in the field and seedlings formed in polyethylene bags, screened and later taken to the field; WM: irrigated and dry farming; and PD: 31,250 and 50,000 plants ha⁻¹). Therefore, eight treatments in the 2 x 2 x 2 factorial design, in the field each plot had 18 plants being used the four central plants.

Soil was prepared in a conventional way with a plowing and two harrowing and the raised beds with the aid of power tiller in the dimensions of 1.25 m width x 0.25 m height. Based on the soil chemical analysis, liming was performed using 0.24 t ha⁻¹ limestone (100% PRNT), basal fertilization incorporated into the pit and 75 days after planting was performed the topdressing near the plant with superficial incorporation, according to recommendations adapted for tuberoses (RIBEIRO; GUIMARÃES; ALVAREZ, 1999), with ammonium sulfate, single superphosphate and potassium chloride. The amounts of fertilizers varied according to plant density ha⁻¹.

In the plantation, arrowroot rhizomes of the cultivar seta were used, derived from the Germplasm Collection of Non-Conventional Vegetables of the Federal University of Lavras. Rhizomes were cross-cut about 30 to 60 g, with at least three meristems, to generate each plant.

Both the seedlings formed in bags and the rhizomes planted directly in the field were planted at the beginning of October. The seedlings were cultivated in polyethylene bags (5,292 cm³) filled in the proportion of 60% Rohrbacher commercial substrate (organic composts, pine bark and vermiculite), 30% sifted land and 10% sand. The polyethylene bags were kept in a greenhouse until the transplanting occurred approximately 70 days after planting, when the seedlings showed four leaves. In this initial period, all the materials were irrigated by sprinkling in order to keep the soil always moist throughout the sprouting phase until the plants reach around 20 cm (ZÁRATE; VIEIRA, 2005).

Two levels of planting density were used, corresponding to the spacing of 40 cm between rows and 80 cm between plants, about three plants m⁻² and the spacing of 40 cm between rows and 50 cm between plants, resulting in five plants m⁻², with part of the experiment irrigated by drip and part without irrigation. An irrigation system was used with lateral lines composed of 16 mm NAAN PC drip tubes, with emitters spaced 30 cm and flow of 1.6 L h⁻¹, allowing the wet surface forming a continuous band along the planting line. Irrigation management was performed at intervals of two days with an average depth of 7 mm, depending on the rainfall, being suspended 60 days before harvest, aiming at the best quality of rhizomes.

Harvest was performed at 309 days after planting, when the shoot of plants showed more than 60% leaf senescence. After harvest, the rhizomes from each treatment were taken to the laboratory for starch extraction. Arrowroot rhizomes were washed with the purpose of removing adhered soil and unnecessary parts, selected by lack of lesion and deformation. Subsequently, they were cut into 0.5 cm thick slices and weighed. In the laboratory analyses, the experimental design was completely randomized (CRD), with three replicates for each treatment.

2.2 Starch extraction and yield

In order to extract the starch, the rhizomes from each treatment were weighed and ground with distilled water at 1:1 ratio in an industrial blender (Lucre, model C4, Brazil), and

then filtered in organza fabric. The suspension was kept at rest (± 16 h) in a refrigerated environment (± 5 °C). The supernatant was discarded and the precipitated starch was resuspended with distilled water to be discarded again. This suspension and decantation procedure of starch was repeated until the product showed starch color and characteristic texture. The material was then pre dried in a convection oven at 45 °C for 24 hours (to avoid gelatinization of granules) and cooled to room temperature. Afterwards, it was reduced to powder, using mortar and pestle, sifted in a 0.350 mm sieve and finally packed in a flask until its subsequent use (DAIUTO; CEREDA, 2003). The starch yield was determined according to Equation 1.

$$Yield\ of\ starch\ (\%) = \frac{Weight\ of\ extracted\ starch\ (g) \times 100}{Weight\ of\ rhizome\ used\ in\ processing\ (g)} \quad \pm(1)$$

2.3 Amount of pure starch

The amount of pure starch was identified by washing the samples of starch through sugar removal, autoclaving, neutralization, deproteinization and determination by spectrophotometer reading at 510 nm, following the standards of the Adolfo Lutz Institute (2008). The results were expressed in $g\ 100\ g^{-1}$.

2.4 Percent composition

To characterize the starch, the following analyses were performed: moisture by the gravimetric method, based on the weight loss of the material subjected to the oven heating at 65 °C until constant weight. The ether extract was determined using the continuous extraction method in Soxhlet apparatus using diethyl ether as solvent. The fixed mineral residue (ash) was determined by calcination of the sample in muffle at 550 °C until clear ash was obtained. The protein content was measured by the percentage of total nitrogen in the sample, according to the Kjeldahl method and multiplied by the factor 6.25. The fiber fraction was determined according to the gravimetric method, after digestion in acidic medium (HOROWITZ, 2016), and the carbohydrate fraction was obtained by 100% difference of the sum of the other components, according to the Equation 2.

$$CHF = 100 - (M + EE + P + CF + A) \quad (2)$$

Where: CHF: carbohydrate fraction; M: moisture; EE: ether extract; P: protein; CF: crude fiber and A: ash.

2.5 pH and titratable acidity

The pH was determined by pHmeter (model PHS-3E), and the filtrate was titrated with 0.1N NaOH to determine the titratable acidity according to the methodology described by the Instituto Adolfo Lutz (2008).

2.6 Swelling power (SP) and solubility (S)

The swelling power and the solubility of starches were determined according to the methodology proposed by Leach, Mccowen and Schoch (1959), adapted by Matsuguma et al. (2009), being determined according to Equation 3 and 4.

$$SP(g.g - 1) = \frac{\text{Precipitation weight (g)} \times 100}{\text{Sample weight (Dry base) (g)} \times (100 - \% \text{ of supernatant})} \quad (3)$$

$$S(\%) = \frac{\text{Weight of the supernatant (g)} \times 400}{\text{Sample weight (Dry basis) (g)}} \quad (4)$$

2.7 Size of granules (scanning electron microscopy)

The granule size of the arrowroot starch was determined using a scanning electron microscope (model SEM LEO 40) by the measurement scale of electronic photography. The powder samples were placed on an aluminum surface with the aid of a double-sided carbon metallic tape covered with gold through the BAL-TEC SCD 050 gold evaporator.

2.8 Statistical analysis

The results were analyzed with observations of averages and standard deviation, and the evaluations were subjected to analysis of variance. For the quantitative effects (swelling

power and the solubility), the data were fitted to a regression model. The means were compared by the Scott; Knott (1974) clustering test to evaluate the effect of treatments at 5% probability. The experimental accuracy was analyzed using the coefficient of variation (CV), and the statistical analysis was performed using the SISVAR® software (FERREIRA, 2011).

3 RESULTS AND DISCUSSION

Starches can be used in different industry segments, such as bakery products, packaging, pharmaceuticals and cosmetics, among others. Accordingly, it is essential to evaluate, besides the yield, the nutritional and industrial properties of arrowroot starches. Preliminary studies suggest these properties are influenced by the way the crop is managed in the field. For industry, starch yield and amount of pure starch are extremely important because they are directly associated with the cost of end product (STRECK et al., 2014).

3.1 Starch yield and amount pure starch as a function of crop management

When analyzing the interactions, the joint effect of the water management and the planting system is observed, besides the system and planting density in the starch yield. For the amount pure of starch, there was a combined effect of the three analyzed factors (WM x PS x PD), according to Table 1.

Table 1 - F value calculated by the analysis of variance and coefficient of variation from analyses of starch yield (g 100 g⁻¹) and amount of pure starch (g 100 g⁻¹) in arrowroot.

Analysis	Treatments	Variable factors							CV (%)
		WH	PS	PD	WH x PS	WH x PD	PS x PD	WH x PS x PD	
Starch yield	4.19**	3.01 ^{ns}	2.26 ^{ns}	1.92 ^{ns}	12.69**	0.09 ^{ns}	8.71**	0.64 ^{ns}	17.23
Quantity of starch	14.31 ^{ns}	0.88 ^{ns}	1.19 ^{ns}	61.17**	14.04**	7.33**	9.52**	6.03**	2.21

WM: Water management; PS: planting system; PD: Planting density; CV: Coefficient of variation; ns not significant; **significant at 1% probability; *significant at 5% probability.

In the unfolding of interactions, it was verified that the starch yield in the interaction WM x PS was affected with a reduction of 29.53% in the yield when the planting was performed through seedlings and irrigated, and of 25.50% in the interaction PD x PS when using seedlings and the density of 31,250 plants ha⁻¹ compared to the other managements used (TABLE 2).

Table 2 - Unfolding of interactions for starch yield in the interaction in between water management and planting systems (WM x PS), and among the factors planting systems and planting density (PD x PS).

Starch yield		Planting systems	
		Seedling formed in bags	Rhizomes planted directly in the field
Water management	Dry farming	7,77 bB	11,42 aA
	Irrigation	11,58 aA	10,10 aA

Starch yield		Planting density	
		31,250 plants. ha ⁻¹	50,000 plants. ha ⁻¹
Planting systems	Seedling formed in bags	8,12 bB	11,24 aA
	Rhizomes planted directly in the field	11,32 aA	10,19 aA

The averages followed by the same lowercase letters in the columns and upper case in the lines do not differ from each other.

Thus, the treatment that shows these factors in common (produced by seedlings, irrigation and greater spacing) has the lowest yield with 6.61 g extracted starch per 100 g ground rhizome, being that the most efficient treatments were 11.81 (\pm 1.23) g 100 g⁻¹, with emphasis on seedling production under dry conditions at density of 50,000 plants per ha⁻¹ (TABLE 3).

Table 3 - Averages of treatments for the variables of the starch chemical composition in 100 g of sample (g. 100 g⁻¹) [dry basis].

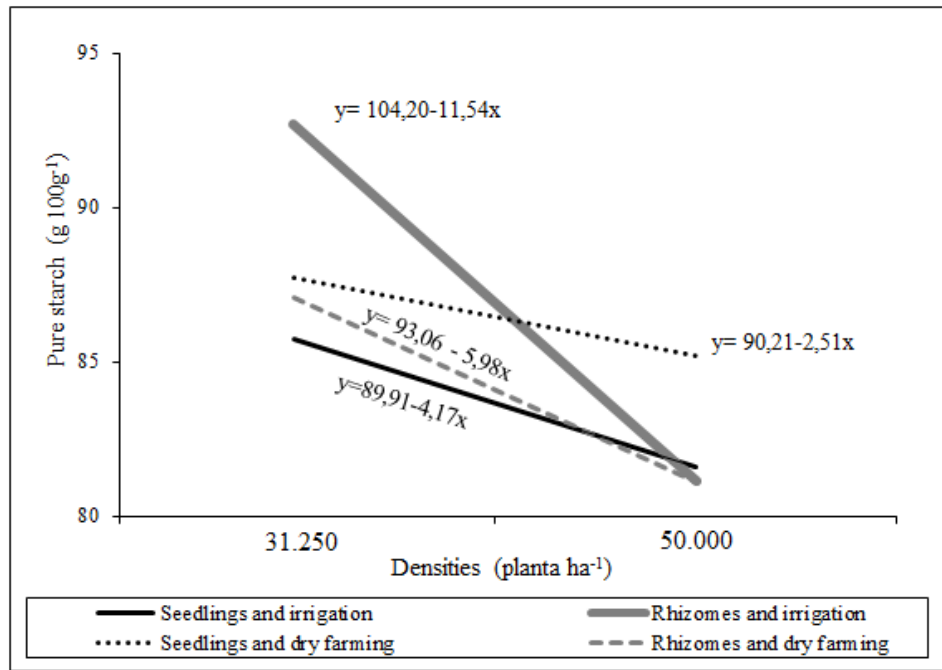
Chemical composition (g 100g ⁻¹)	TREATMENTS								CV (%)
	Rhizomes planted directly in the field				Seedlings formed in polyethylene bags				
	31,250 plants ha ⁻¹		50,000 plants ha ⁻¹		31,250 plants ha ⁻¹		50,000 plants ha ⁻¹		
	Irrigation	Dry farming	Irrigation	Dry farming	Irrigation	Dry farming	Irrigation	Dry farming	
Starch yield	11.80 a	10.84 a	11.03 a	9.36 b	6.61 b	9.63 b	8.94 b	13.54 a	2.21
Quantity of starch	92.66 a	87.08 b	81.12 c	81.10 c	85.74 b	87.70 b	81.57 c	85.18 b	17.23
Moisture	3.92 f	3.36 d	4.15 g	4.24 g	2.33 a	2.50 b	2.80 c	3.73 e	2.13
Ash	0.09 c	0.09 c	0.04 a	0.07 b	0.09 c	0.10 c	0.03 a	0.15 d	6.28
Ether extract	0.27 b	0.51 e	0.56 f	0.39 d	0.33 c	0.35 c	0.27 b	0.21 a	5.25
Protein	0.65 a	0.68 a	0.75 a	0.76 a	0.58 a	0.67 a	0.69 a	0.72 a	7.60
Fiber	0.53 c	0.61 d	0.24 a	0.52 c	0.43 c	0.16 a	0.69 d	0.35 b	0.10
FG	94.49 d	94.69 c	94.23 e	94.00 f	96.22 a	96.18 a	95.55 b	94.83 c	0.10
pH	5.98 d	6.42 e	6.09 d	6.39 e	5.67 c	5.40 d	5.65 c	5.10 e	1.62
Titrate acidity	0.65 b	0.53 a	0.63 b	0.53 a	0.72 b	1.08 c	0.70 b	0.65 b	7.74

Averages followed by the same letters in the lines do not differ from each other by the Scott & Knott test.

In this experiment, regardless of the adopted management, the amount average of pure starch in the starch from the arrowroot, between treatments, was 85.27 (\pm 4.00) g 100 g⁻¹, corroborating with the results presented by Leonel et al. (2002) of 84.30 g 100 g⁻¹ and Ferrari et al. (2005) with 84.95 g 100 g⁻¹ which also studied arrowroot starch (Table 3). However, pure starch differed among treatments, in which the starch obtained from rhizomes produced in conditions of greater spacing, under irrigation and from rhizomes directly in the field showed the highest starch content (92.66 g 100 g⁻¹), whereas the treatments with a lower

amount of pure starch showed an average of $81.26 (\pm 0.27) \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ show commonly the highest planting density ($50,000 \text{ plants ha}^{-1}$), as observed in Figure 1.

Figure 1 - Amount of pure starch in the starch of arrowroot from the interaction between the factors irrigation, planting type and plant density.



This is probably due to the lower competition among the plants for light and hence the higher production of photoassimilates, including the starch (TAIZ et al., 2017). In order to achieve significant decreases in the average starch percentages of roots, factors that strongly influence the normal development of plants are necessary, being that one of the factors is the competition with weeds or with the crop itself (GABRIEL FILHO; STROHHAECKER; FEY, 2003).

3.2 Percent composition

Chemical composition of starch is presented in Table 3. It was observed that, although there was a significant difference among the moisture contents, which may be due to the accuracy of extraction method and the difference in starch characteristics, such as swelling power and distribution of granule size, all the results found in the present study [average moisture content of $3.37 (\pm 0.75) \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$] are well below the limits established by Brazilian legislation for commercial starches such as potatoes (maximum $21.0 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$) and cassava starch (maximum $18.0 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$) (BRASIL, 2005). Thereby, it can be considered that the

findings were satisfactory, since higher water contents favors the development of microorganisms, especially fungi and yeasts.

The ash contents present in the starch ranged from 0.04 to 0.15 g 100 g⁻¹ (Table 2). In other studies, the ash contents ranged between 0.03 and 0.18 g 100 g⁻¹ (LEONEL et al., 2002; FERRARI et al., 2005; CUNHA, 2016). The unfolding among the interactions in shows a decrease in ash content when the arrowroot was cultivated at a denser spacing regardless of the planting and irrigation system, except in the case of seedling cultivation and under dry conditions.

The ash content corresponds to the inorganic fraction of the starch, affecting the quality of the obtained starch. According to Leonel and Cereda (2002) the lower the ash content, the better the starch quality due to the greater absence of inorganic matter, which indirectly may be related to the peeling and washing stages of rhizomes. On the other hand, the ash content is related to the presence of total minerals, improving the nutritional properties of the starch.

Significant differences were observed among treatments for ether extract whose values ranged from 0.21 to 0.56 g 100 g⁻¹ (Table 2). These results corroborate with those found in the literature, in which the authors cite values ranging from 0.29 to 0.48 g 100g⁻¹ (FERRARI et al., 2005; CUNHA, 2016). The found lipid content was low and similar to the great majority of starches from other botanical sources such as yam (0.27 g 100 g⁻¹), cassava (0.28 g 100 g⁻¹) and maize (0.29 g 100 g⁻¹) (MALI et al., 2006). According to Moorthy (2001), the lipid content can be considered low when showing values lower than 1 g 100 g⁻¹.

For the protein content, there was no significant difference among treatments, the average was 0.68 g 100 g⁻¹ (± 0.05), data close to the reported by Clemente Granados et al. (2014), which studied the same culture and found average values of 0.65 g 100 g⁻¹. However, although there is no statistical difference it was noted that the higher planting density assures numeral value increase in content the protein in the starch (Table 2).

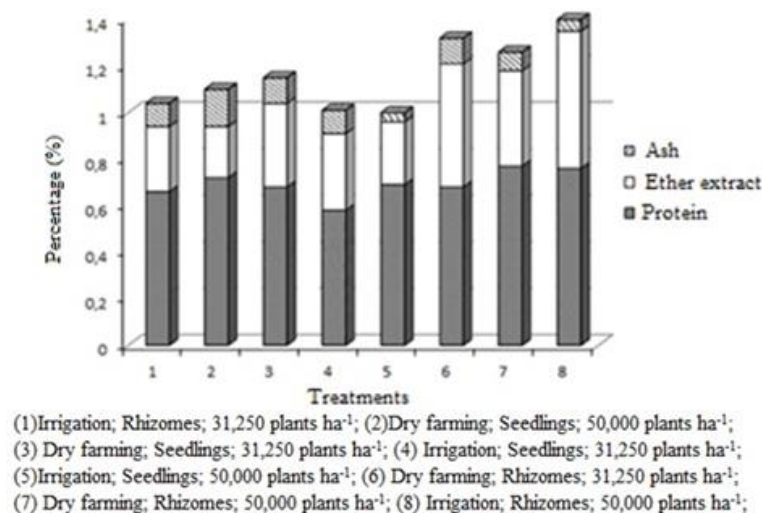
However, the total carbohydrates (non-nitrogenous extract) present in starches differed significantly among the treatments (Table 2), being observed lower values for treatments with higher planting density. Reinforcing such results, in the interaction between PS x WM x PD, there was a slight decrease in the carbohydrate fraction with the higher planting density.

The carrying of substances such as proteins, lipids and minerals (considered as contaminants in the product) may occur in most extraction processes of starch. These contaminants are usually present in small amounts, although they may affect the

physicochemical and technological properties of the starch (LEONEL; CEREDA, 2002). Thus, the purity degree of the starch is an important parameter of quality, facilitating the industrial applications. According to Rocha et al. (2008), when the sum of these constituents is lower than or equal to 1% of the total, it indicates that the starch has a high purity degree and that the extraction process was efficient.

In the present study, the sum of the results was close to 1%, which may be affected by the extraction process, since the starch was purified only by decantation and not by centrifugation, perhaps guaranteeing greater purity. Except for the treatment produced by seedlings, density of 50,000 plants ha⁻¹ and in irrigated system, presenting exactly the reference value (FIGURE 2).

Figure 2 - Purity degree of the starch, by the sum of the ash content, ether extract and proteins.



3.3 pH and acidity

For the pH and titratable acidity of the starch, the treatments showed average values of 5.84 (± 0.46) and 0.69 (± 0.17), respectively, according to Table 3. Most of native starches show pH close to neutrality (MARCON et al., 2007), whereas in the literature, the titratable acidity for arrowroot starch ranged from 0.67 to 0.80 (LEONEL et al., 2002; CUNHA, 2016).

Theoretically, starches from treatments produced by rhizomes directly in the field show lower acidity, conversely, the starches obtained from seedling treatment tend to be more acidic.

3.4 Swelling power and solubility

The swelling power (SP) and the solubility (S) of the starch are associated with break of chemical bonds and leaching of the native starch when heated at temperatures above the gelatinization of granules. This parameter is extremely important in several applications of these raw materials due to the great influence on the technological characteristics of end products (MATSUGUMA et al., 2009; ANDRADE et al., 2017).

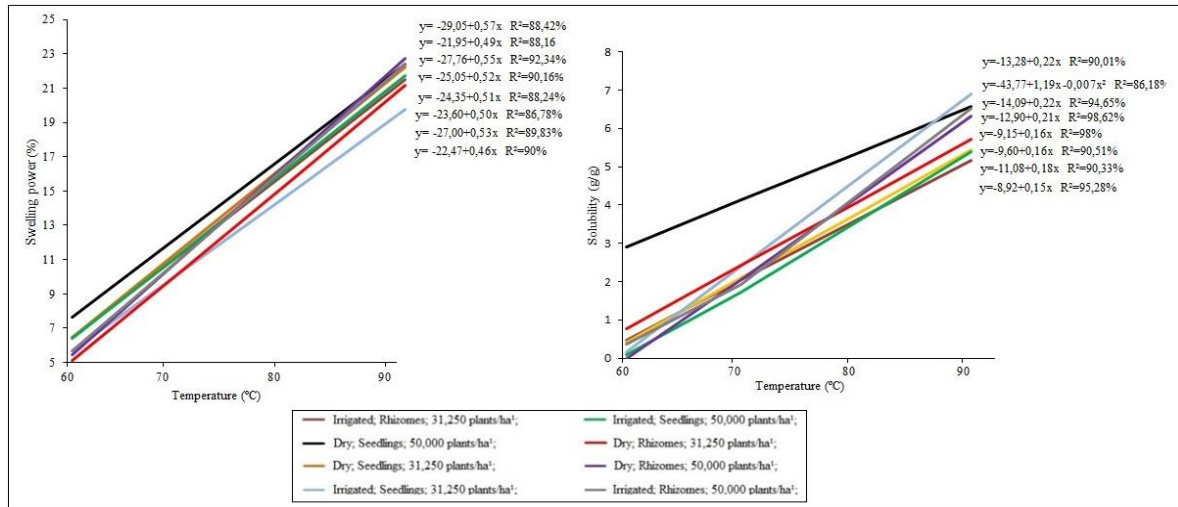
The SP curves of the starch samples show continuous growth with increasing temperature, with a peak at 90 °C (Figure 2). In general, there was no significant difference among treatments at the same temperatures; average values were 3.94 g g⁻¹ (± 0.80) at 60 °C; 14.42 g g⁻¹ (± 0.79) at 70 °C; 16.79 g g⁻¹ (± 0.98) at 80 °C; and 20.52 g g⁻¹ (± 0.98) at 90 °C. Therefore, the managements adopted in the experiment do not influence the SP of the arrowroot starch.

The increase in SP with increasing temperature indicates a certain influence on this water retention capacity. This fact is related to the higher vibration of molecules of the starch granule under high temperatures, causing the break of intermolecular bonds and allowing the released binding sites to perform the bonds of hydrogen with water molecule (FENNEMA et al., 2010).

Although the starch characteristics are affected according to the botanical source, with modifications and several other factors, the arrowroot starches obtained through the treatments showed typical behavior, being the data similar to other studies, such as the experiment by Matsuguma et al. (2009), which characterized native and oxidation-modified arracacha starch (*Arracacia xanthorrhiza*) and found values close to those reported in the present study.

In the solubility, the regressions show a different behavior among the samples at 60 and 70 °C (Figure 2). The treatment performed without irrigation, in the smallest spacing and produced by seedlings shows values of 1.93% and 5.68%, higher to the other treatments that show an average of 0.49% (± 0.30) and 1.93% (± 0.66), respectively, at given temperatures. However, with the increase in temperature, the behavior of treatments are similar to each other, with 5.95% (± 0.35) at 80 °C and 7.48% (± 0.46) at 90 °C.

Figure 3 - Regression of swelling power (SP) and solubility (S) of starch obtained from arrowroot samples collected from treatments (PS x WM x PD).

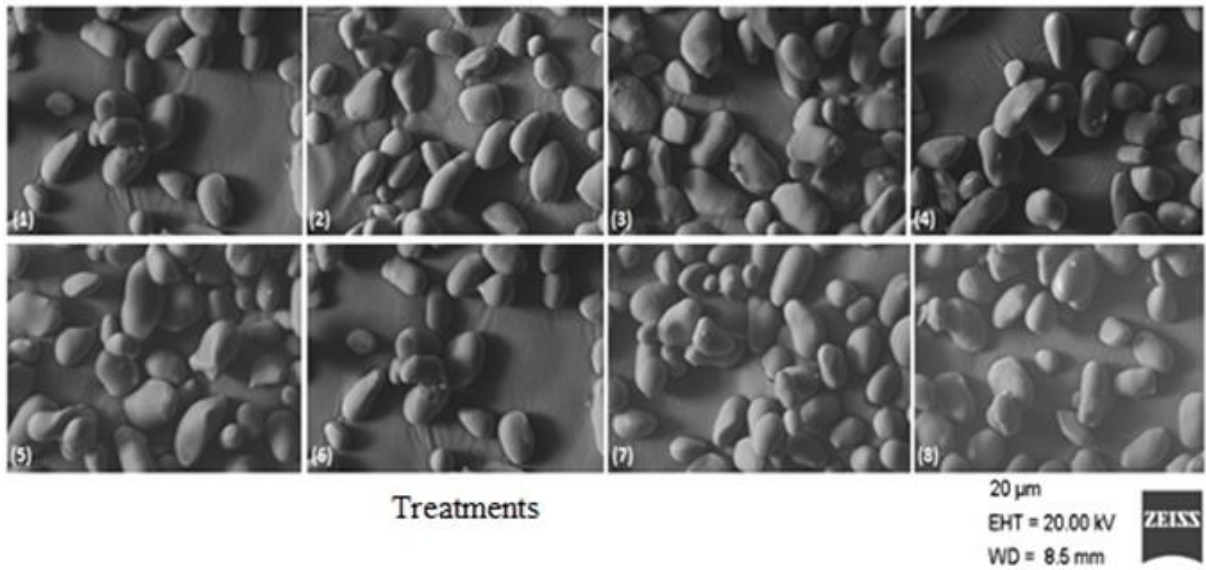


It is noteworthy that the solubility of arrowroot starch samples was higher at 90 °C, being important to highlight that a large part of granules are already gelatinized or swollen at this temperature range. According to Gomes et al. (2005), this is explained by the leaching of amylose into the medium and hence increasing the leaching of starch solutions.

3.5 Scanning electron microscopy (SEM)

The microscopic analysis of granules performed in the arrowroot starch showed that there was no difference in size and shape among the different management methods adopted. The granules show a smooth structure, without superficial porosity or irregularities, demonstrating intact and undamaged granules. Predominant circular and ovoid shape, according to Pérez, Lares e González (1997) with bean shape (Figure 4).

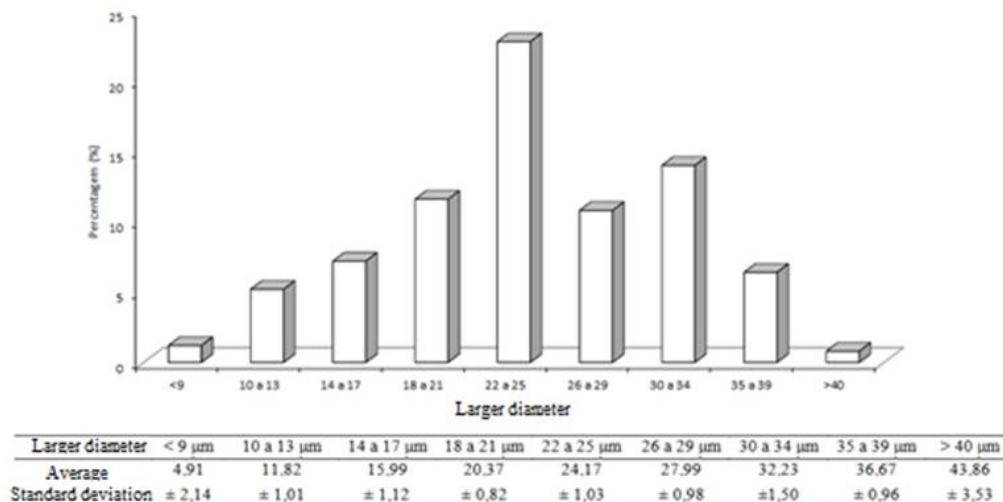
Figure 4 - SEM photomicrographs of arrowroot granules in different agronomical treatments. 600x magnification and 20 μm scale.



- (1) Irrigation; Rhizomes; 31,250 plants ha^{-1} ; (2) Dry farming; Seedlings; 50,000 plants ha^{-1} ;
 (3) Dry farming; Seedlings; 31,250 plants ha^{-1} ; (4) Irrigation; Seedlings; 31,250 plants ha^{-1} ;
 (5) Irrigation; Seedlings; 50,000 plants ha^{-1} ; (6) Dry farming; Rhizomes; 31,250 plants ha^{-1} ;
 (7) Dry farming; Rhizomes; 50,000 plants ha^{-1} ; (8) Irrigation; Rhizomes; 50,000 plants ha^{-1} ;

Among the treatments, the size (larger diameter) of granules ranged from 3 to 50 μm , with a homogeneous distribution, predominating granules in the range from 20 to 35 μm (FIGURE 5), similar to the range presented by Leonel (2007), from 20 to 40 μm . Among the treatments, the average size of granules was 24.97 μm (± 7.33).

Figure 5 - Size distribution (larger diameter in micrometer) of arrowroot granules in different agronomical treatments.



It is important to note that the shape and size of starch granules vary according to the species. Although the morphology is also dependent on the biochemistry of the chloroplast or amyloplast, as well as the plant physiology, and the size distribution varies with the development stage of the plant and tuber form (SINGH; SINGH, 2003; LEONEL, 2007).

4 CONCLUSION

In general, the analyzed starches deriving from different agronomic treatments have low crude fiber, besides typical characteristics of arrowroot starch such as texture, color, shape and size of granules, without any other apparent particle than the starch itself, indicating extraction efficiency.

The agronomic management also did not influence the swelling power of the evaluated starches. However, the planting density contributed to influence some parameters of the chemical composition of the starch, such as the content of starch, ash, ether extract, protein and carbohydrate fraction.

REFERENCES

- ANDRADE, L. A.; BARBOSA, N.; PEREIRA, J. Extraction and properties of starches from the non-traditional vegetables Yam and Taro. **Polímeros**, v. 27, n. 2, p.151-157, 2017.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária. Departamento Nacional de Meteorologia. **Normais climatológicas: 1961-1990**. Brasília, DF, 1992. 84 p.
- _____. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução 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, 23 set. 2005, p. 6.
- CUNHA, A. L. **Caracterização do amido da araruta tipos seta e redonda, visando utilização na indústria de alimentos**. 2016. 112 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2016.
- CLEMENTE GRANADOS, C. et al. Propiedades funcionales del almidon de sagu (*Maranta arundinacea*). **Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial**, v. 12, n. 2, p. 90-96, 2014.
- DAIUTO, E. R.; CEREDA, M. P. Amido como suporte na desidratação por atomização e em microencapsulamento. In: CEREDA, M. P.; VILPOUX, O. F. (Coord.). **Tecnologia, usos e potencialidades de tuberosas amiláceas sul americanas**. São Paulo: Fundação Cargill, 2003. p. 449-475.
- DORTA VILLEGAS, A. M.; PÉREZ, A.T.C.; Determinación del contenido de hierro, fósforo, calcio y algunos factores antinutricionales en harina del rizoma de guapo (*maranta arundinacea*), **Saber**, v. 26, n. 2, 2014.
- EBDA. Empresa Baiana de Desenvolvimento Agrícola S. A. **EBDA busca resgatar cultura da araruta em Cruz das Almas**. 2013. Disponível em: <<http://www.ebda.ba.gov.br/ebda-resgata-a-cultura-da-ararutaem-cruz-das-almas>>. Acesso em: 25 jun. 2017.
- FENNEMA, O. R.; DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L. **Química de Alimentos de Fennema**. 4. ed. Artmed, 2010. 900p.
- 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. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 8, n. 2, p. 93-98, 2005.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**. v. 35, n. 6, p. 1039-1042. 2011.
- GABRIEL FILHO, A. G.; STROHHAECKER, L.; FEY, E. Profundidade e espaçamento da mandioca no plantio direto na palha. **Ciência Rural**, v.33, n.3, p. 461-467. 2003.

GOMES, A. M. M.; SILVA C. E. M.; RICARDO N. M. P. S. Effects of annealing on the physicochemical properties of fermented cassava starch (polvilho azedo). **Carbohydrate Polymers**. v. 60, n.1, p. 1-6. 2005.

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

HOWELER, R. H. Nutricion mineral e fertilizacion de la yuca. **Yuca: investigacion, producion y utilizacion**. Cali, 1982. p. 317-357.

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

LEACH, H. W.; MCCOWEN, L. D.; SCHOCH, T. J. Structure of the Starch Granule. I. Swelling and Solubility Patterns of Various Starches. **Cereal Chemistry**, v. 36, p. 534-544. 1959.

LEONEL, M.; CEREDA, M. P. Caracterização físico-química de algumas tuberosas amiláceas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v. 22, n.1, p. 65-69, 2002.

LEONEL, M.; SARMENTO, S. B. S.; CEREDA, M. P. Processamento da araruta (*Maranta arundinacea*) para extração e caracterização da fração amilácea. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 93, n. 5, p. 151-155, 2002.

LEONEL, M. Análise da forma e tamanho de grânulos de amidos de diferentes fontes botânicas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 3, p. 579-588, 2007.

LUCAS, J. A.; CASTAÑO, V. D. Q.; VALENCIA, C. A. C. Caracterización de harina y almidón obtenidos a partir de plátano guineo AAAea (*Musa sapientum* L.). **Acta Agron**, v. 62, n. 2, p. 83 – 96, 2013.

MADHAVA, N. M. et al. Morphological, structural, and functional properties of maranta (*Maranta arundinacea* L) starch. **Food Sci. Biotechnol**. v. 21, n.3, p. 747-752, 2012.

MALI, S. et al. Effects of controlled storage on thermal, mechanical and barrier properties of plasticized fillms from different starch sources. **Journal of Food Engineering**, v. 75, n. 4, p. 453-460, 2006.

MARCON, M. J. A.; AVANCINI, S. R. P.; AMANTE, E. R. **Propriedades químicas e tecnológicas do amido de mandioca e do polvilho azedo**. Florianópolis: UFSC, 2007. 101 p.

MATSUGUMA, L.S., et al. Characterization of native and oxidized starches of two varieties of Peruvian carrot (*Arracacia xanthorrhiza*, b.) from two production areas of Paraná state, Brazil. **Food/feed science and technology** v. 52, n. 3, p.701-713, 2009.

MOORTHY, S. N. **Tuber crop starches**. 2. ed. Thiruvananthapuram: Central Tuber Crops Research Institute, 2001. 52 p.

- OLIVEIRA, S. L.; COELHO, E. F.; NOGUEIRA, C. C. P. Irrigação. In: SOUZA, L. S.; FARIAS, A. R.; MATTOS, P. L. P.; FUKUDA, W. M. G. (Ed.). **Aspectos socioeconômicos e agronômicos da mandioca**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2006. cap. 11, p. 291-300.
- PÉREZ, E.; LARES, M.; GONZÁLEZ, Z. Some characteristics of sagu (*Canna edulis*) and zulu (*Maranta* sp) rhizomes. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 45, n. 7, p. 2546-2549, 1997.
- RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ, V.H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5º Aproximação**. Comissão de fertilidade do solo do estado de Minas Gerais, 1999. 322p.
- ROCHA, T. S.; DEMIATE, I. M.; FRANCO, C. M. L. Características estruturais e físico-químicas de amidos de mandiocinha salsa (*Arracacia xanthorrhiza*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, n. 3, p. 620-628, 2008.
- SCOTT, A.; KNOTT, M. Cluster-analysis method for grouping means in analysis of variance. **Biometrics**, v. 30, n. 3, p.507-512, 1974.
- SINGH, N. et al. Morphological, thermal and reological properties of starches from different botanical sources. **Food Chemistry**, v. 81, n. 2, p. 219-231, 2003.
- SOUZA D. C., et al. Conservação pós-colheita de araruta em função da temperatura de armazenamento. **Magistra**, v. 28, n.3/4, p.403-410, 2016.
- STRECK, N. A., et al. Efeito do espaçamento de plantio no crescimento, desenvolvimento e produtividade da mandioca em ambiente subtropical. **Bragantia**, v. 73, n. 4, p. 407-415, 2014.
- TAIZ, L. et al. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6. ed. São Paulo: Artmed, 2017. 888 p.
- VIEIRA, J. C. B. et al. Desempenho da araruta ‘Viçosa’ consorciada com crotalária. **Agrária, Recife**, v.10, n.4, p.518-524, 2015.
- ZÁRATE, N. A. H.; VIEIRA, M. C. Produção da araruta “comum” proveniente de três tipos de propágulos. **Ciência e Agrotecnologia**. v. 29, n. 5, p. 995-1000. 2005.

Artigo 3 - Produtividade de rizomas e qualidade de amido de araruta em função de diferentes épocas de colheita

RESUMO

A carência de conhecimento ou desprezo 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. Diante disso, 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 tipo seta, colhidos em cinco épocas diferentes (253, 273, 295, 314 e 336 dias após o plantio-DAP). No campo, o experimento foi instalado em delineamento em blocos casualizados (DBC), com três repetições e foram avaliadas as variáveis: produtividade total, peso, quantidade e tamanho de rizoma. Já no laboratório, os experimentos foram realizados em delineamento inteiramente casualizado (DIC) com três repetições, sendo avaliado o rendimento da extração, composição centesimal, quantidade de amido purificado e análise de microscopia eletrônica. As médias qualitativas foram comparadas pelo teste de Scott & Knott e os efeitos quantitativos ajustados a um modelo de regressão. Foi também realizada a análise de múltiplos fatores (MFA) para verificar a similaridade entre as colheitas, e análise fatorial com a finalidade de relacionar cada colheita com as variáveis estudadas. Diante dos resultados apresentados pôde-se notar que a época de colheita da araruta interfere nas características agronômicas de produtividade de rizomas e na composição química do amido de araruta. A colheita realizada aos 336 dias após o plantio é a mais viável, pois apresenta maior produção estimada de rizomas, amido extraído e amido puro por área, além de que apresentar a característica de maior pureza no amido extraído.

Palavras-chave: *Maranta arundinacea* L. Hortaliças não convencionais. Produção de amido. Ciclo. Análise multivarida.

ABSTRACT

The lack of knowledge or contempt with regard to the cycle of arrowroot can cause losses in production, as early harvesting can lead to losses because it does not reach the maximum level of dry matter accumulation in the rhizomes, and the late harvest increases the index of rhizome rot, reducing its quality. Therefore, the purpose of this work was to determine the effect of harvesting time on yield and chemical quality of arrowroot starch. Arrow shoot arrowhead rhizomes harvested at five different times (253, 273, 295, 314 and 336 days after planting-DAP) were used. In the field, the experiment was installed in a randomized complete block design (DBC) with three replications and the following variables were evaluated: total productivity, weight, quantity and rhizome size. In the laboratory, the experiments were carried out in a completely randomized design (DIC) with three replicates, and the extraction yield, centesimal composition, amount of purified starch and electron microscopy analysis were evaluated. The qualitative averages were compared by the Scott & Knott test and the quantitative effects adjusted to a regression model. Multiple factor analysis (MFA) was also

performed to verify the similarity between the harvests and factorial analysis in order to relate each harvest to the variables studied. In view of the results it can be noted that the time of the harvest of the arrowroot interferes in the agronomic characteristics of productivity and the chemical of the starch of arrowroot. The harvesting performed at 336 DAP is more feasible, as it presents higher estimated rhizomes, extracted starch and pure starch per area, besides presenting a characteristic of higher purity in the extracted starch.

Key words: *Maranta arundinacea* L. Unconventional vegetables. Starch production. Cycle. Multivariate analysis.

1 INTRODUÇÃO

O amido é uma importante reserva de energia para vegetais, e sua aplicação em alimentos processados tem sido estudada extensivamente. Nos últimos anos, o amido extraído de partes subterrâneas de determinadas plantas (raízes, rizomas e tubérculos) adquiriram amplo foco pela capacidade de aplicação. O uso de novas fontes com recursos de processamento industrial tem despertado a atenção, uma vez que poderia influenciar esse mercado com suas características físico-químicas e funcionais especiais, para manter e/ou reforçar as propriedades dos seus produtos (BOBBIO; BOBIO, 2003; JYOTHI et al., 2011).

Na natureza existem diversas espécies vegetais fontes de amido, algumas mais conhecidas e utilizadas, tais como tuberosas (*Solanum tuberosum* e *Ipomoea batatas*) e raízes (*Manihot esculenta*), e outras cujas propriedades ainda não foram elucidadas, como é o caso da araruta (*Maranta arundinacea* L.). Essa espécie está atraindo interesses das indústrias que produzem amido no Brasil, em virtude de relatos das propriedades diferenciadas em produtos de panificação, sendo utilizadas como alimentos para crianças, idosos ou pacientes com distúrbios intestinais, devido à sua alta digestibilidade. Além disso, tem sido uma solução iminente em dietas especiais, como para celíacos (MADHAVA et al., 2012; DORTA VILLEGAS; PÉREZ, 2014).

Apesar do potencial econômico e nutricional dessa espécie, são escassas as informações técnicas disponíveis referentes às recomendações de manejo fitotécnico, como adubação, espaçamento, irrigação, controle de pragas, doenças e plantas daninhas, assim como seus efeitos na produção de rizomas e amido (DE SOUZA et al., 2016). 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 da cultura, apesar de ser considerada uma espécie perene (MARTINS, 2005). Comercialmente é cultivada como anual, entretanto na literatura não há um consenso para a época ideal de colheita, variando de 6 a 15 meses (MARTINS, 1943; FERRARI; LEONEL; SARMENTO, 2005; BRASIL, 2010; MORENO et al., 2017).

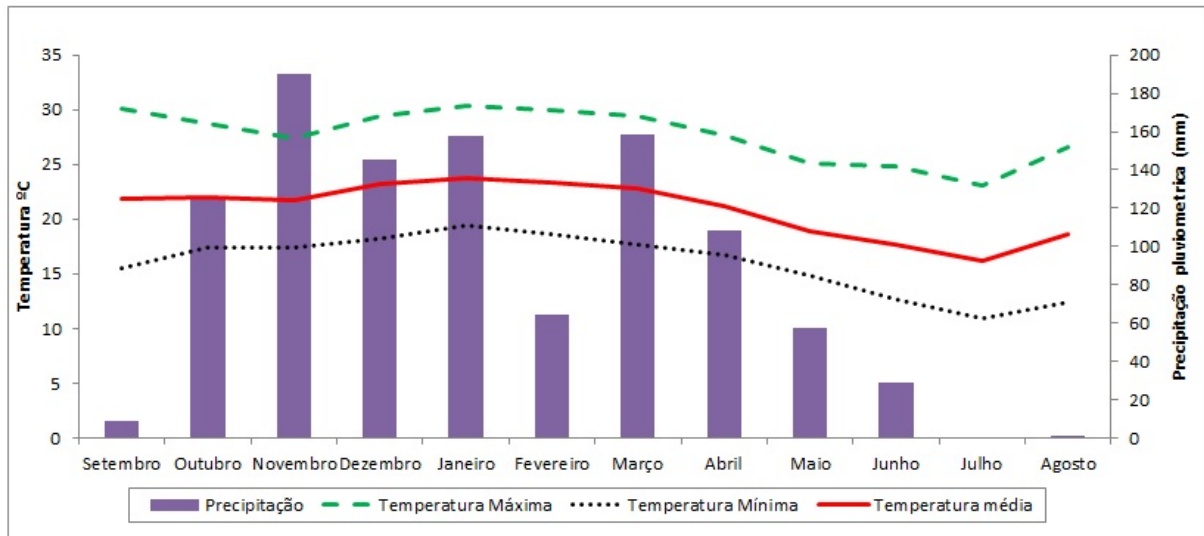
O cultivo de qualquer espécie em determinados locais deve ser precedido do conhecimento do seu comportamento em função da época de colheita. Corrêa e Rocha (1979) já considerava que o desconhecimento do comportamento de uma espécie pode levar o produtor a colher em períodos considerados desfavoráveis. 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 (SAGRILO et al., 2002; VÍTOR et al., 2015).

Diversos autores relacionam a importância entre a produtividade e qualidade do amido em função de diferentes épocas de colheita de rizomas (FERRARI; LEONEL; SARMENTO, 2005; OLIVEIRA et al., 2017). Diante disso, objetivou-se com o trabalho, determinar o efeito da época de colheita na produtividade e na qualidade química do amido de araruta.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido entre os meses de setembro de 2016 a agosto de 2017, na área experimental do Setor de Olericultura do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em Lavras, sul do Estado de Minas Gerais, que se localiza à latitude de 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, com inverno seco e verão chuvoso (BRASIL, 1992; DANTAS; CARVALHO; FERREIRA, 2007). Durante a realização do experimento na região, 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 (UR) foi 70,21 % e o total da precipitação pluvial de 1.045,9 mm, conforme Figura 1.

Figura 1 - Dados climatológicos da estação meteorológica da Universidade Federal de Lavras, entre os meses de setembro de 2016 a agosto de 2017.



O solo da área experimental é classificado em Latossolo Vermelho Distroférico e apresentava as seguintes características na camada arável de 0 a 20 cm: pH (em H₂O) = 6,1; Al trocável = 0,10 cmol dm⁻³; Ca²⁺ = 1,70 cmol dm⁻³; Mg²⁺ = 0,40 cmol dm⁻³; P- Mehlich = 4,81 mg dm⁻³; K⁺ = 46 mg dm⁻³; Matéria orgânica = 1,18 dag Kg⁻¹; V = 48,85% ; Soma de bases = 2,22 cmol dm⁻³; CTC = 4,54 cmol dm⁻³; Zn²⁺ = 1,32 mg dm⁻³; Fe²⁺ = 93,60 mg dm⁻³; Mn²⁺ = 26,60 mg dm⁻³; Cu²⁺ = 1,18 mg dm⁻³; B= 0,33 mg dm⁻³; S=14,55 mg dm⁻³; Argila= 36 dag Kg⁻¹; Silte = 18 dag Kg⁻¹; Areia= 46 dag Kg⁻¹; Textura do solo = Argilosa.

Com base na análise química do solo, não houve necessidade de calagem, a adubação de plantio foi incorporada à cova e 75 dias após o plantio foi feita a adubação de cobertura distribuída próxima à planta com incorporação superficial, conforme recomendações de Ribeiro et al. (1999) para tuberosas, com sulfato de amônia, superfosfato simples e cloreto de potássio. Não houve irrigação, o controle fitossanitário e os demais tratos culturais foram realizados de acordo com a necessidade da cultura.

No experimento foram utilizados rizomas de araruta tipo seta, oriundos da Coleção de Germoplasma de Hortaliças Não Convencionais da UFLA. O preparo do solo foi realizado de forma convencional, com uma aração e duas gradagens, e os canteiros levantados com auxílio de rotoencateirador nas dimensões de 1,25 metros de largura por 0,25 metros de altura. Os rizomas foram selecionados e cortados com cerca de 30 a 60 g para gerar cada planta, sendo plantados no espaçamento de 40 cm entre linhas e 50 cm entre plantas, resultando em 5 plantas m⁻² (DE SOUZA et al., 2018).

O experimento foi instalado no delineamento em blocos casualizados (DBC) com três repetições. O fator estudado foram épocas de colheita, realizadas aos 253, 273, 295, 314 e 336 dias após o plantio (DAP). Cada parcela possuía 15 plantas e para evitar a influência sobre a parcela dos tratamentos aplicados nas parcelas vizinhas, foi considerado o efeito bordadura, utilizando-se assim, três plantas úteis por parcela.

No campo, foram avaliadas as variáveis: produtividade total ($t\ ha^{-1}$) e peso de rizomas (g) medidos em balança de precisão; número de rizomas (número planta⁻¹); e porcentagem de tamanho de rizoma, separado de acordo com Zárate e Vieira (2005) em três classes: grande (> 20,01 cm), médio (12,01 a 20 cm) e pequeno (< 12 cm).

Após a colheita, os rizomas de cada tratamento foram levados ao Laboratório de Grãos, Raízes e Tubérculos do Departamento de Ciência dos Alimentos da UFLA para extração do amido. Os rizomas de araruta foram lavados com a finalidade de remoção da terra aderida e das partes desnecessárias, em seguida, selecionados pela ausência de injúrias e deformação. Posteriormente, foram cortados em fatias de 0,5 cm de espessura e pesados. Nas análises laboratoriais o delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado (DIC), com três repetições para cada tratamento.

Para extração do amido, os rizomas de cada tratamento foram pesados e triturados com água destilada, na proporção de 1:1, em liquidificador industrial (Lucre, modelo C4, Brasil), e em seguida filtrado em tecido de organza. A suspensão foi colocada em repouso (± 16 horas) em ambiente refrigerado ($\pm 5^{\circ}C$). O sobrenadante foi descartado e o amido precipitado ressuspenso com água destilada, para novamente ser deixado em repouso. Este procedimento de suspensão e decantação do amido foi repetido até que o produto apresentasse cor e textura característica de amido. O material foi pré-seco em estufa de circulação de ar forçado, a $45^{\circ}C$, durante 24 horas e resfriado à temperatura ambiente. Em seguida, foi reduzido a pó, utilizando-se gral e pistilo, peneirado em peneira de 0,350 mm e, por fim, acondicionado em frasco até a sua posterior utilização (DAIUTO; CEREDA, 2003). O rendimento de amido (RA) foi determinado pela equação.

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

A quantificação de amido purificado (QA) foi determinada por meio da lavagem para a retirada dos açúcares, autoclavagem, neutralização, desproteíntização e determinação por leitura em espectrofotômetro a 510 nm, seguindo as normas do Instituto Adolfo Lutz (2008).

Para caracterizar o amido 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, usando 6,25 como fator de conversão. 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: $FG = 100 - (U + EE + P + F + C)$, sendo: FG: fração glicídica; U: umidade; EE: extrato etéreo; P: proteína; F: fibra bruta e C: cinzas (HOROWITZ, 2016).

Também foram determinados os tamanhos dos grânulos de amido de araruta, utilizando-se microscópio eletrônico de varredura, MEV LEO 40, pela escala de medida da fotografia eletrônica. As amostras em pó foram colocadas sobre uma superfície de alumínio com a ajuda de uma fita metálica adesiva de carbono dupla face e coberta com ouro, por meio do evaporador de ouro SCD 050 da BAL-TEC.

Os resultados foram analisados com observações de médias e desvio padrão, e submetidos à análise de variância. A precisão experimental foi analisada por meio do coeficiente de variação (CV), e a análise estatística realizada com auxílio do software R (R CORE TEAM 2017). 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 também realizada a análise de múltiplos fatores (multiple factor analysis - MFA) que se caracteriza por permitir analisar grupos de variáveis com tamanhos diferentes e de natureza distintas, que podem ser quantitativas ou categóricas, definidas no mesmo conjunto de observações (ESCOFIER; PAGÈS, 2008; ABDI; WILLIAMS; VALENTIN, 2013), e foi feita a análise fatorial que tem por objetivo analisar os padrões de correlações existentes entre as variáveis e utiliza esses padrões de correlações para agrupar suas variáveis em fatores, os quais são variáveis não observadas que se pretende medir a partir das variáveis observadas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a análise de variância realizada para as características agronômicas, a época de colheita influenciou na produtividade e na porcentagem de tamanhos de rizomas pequenos e médios, enquanto que, para a quantidade, massa e porcentagem de tamanhos de rizomas grandes não apresentaram diferenças significativas entre as cinco épocas de colheita (TABELA 1).

Tabela 1 - 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)	Massa 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 & Knott ao nível de 5% de probabilidade.

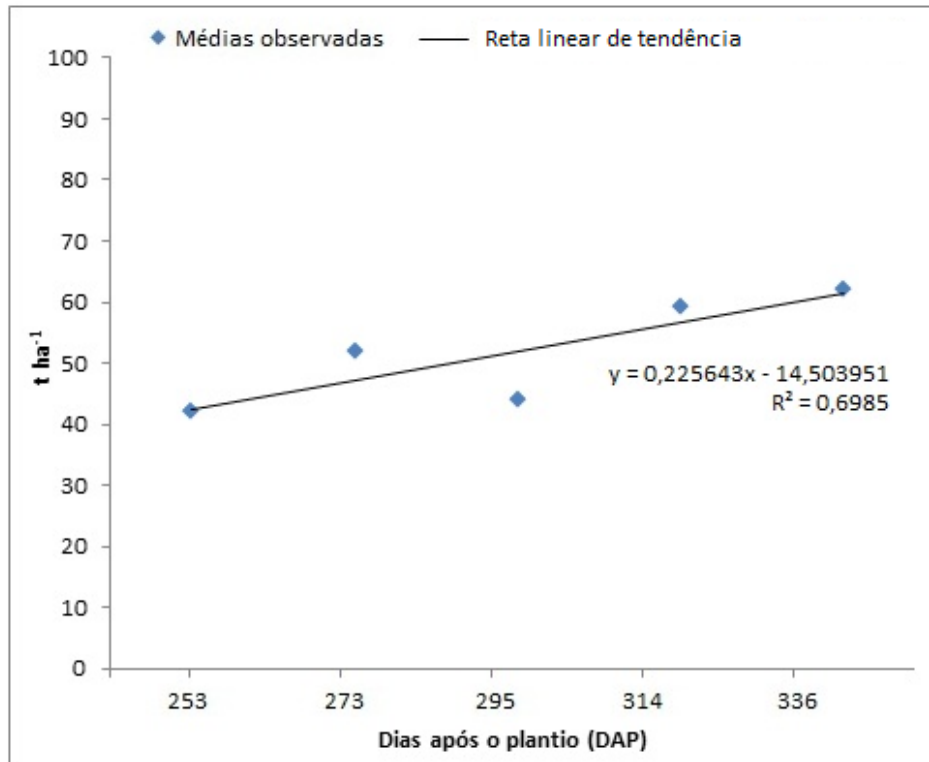
Conforme apresentado na Tabela 1, independentemente da época de colheita, a cultura apresentou média de 24,55 rizomas planta⁻¹ ($\pm 2,69$), massa de 44,57 g rizoma⁻¹ ($\pm 3,74$) e 12,46 % ($\pm 2,64$) dos rizomas com mais de 20,01 cm de comprimento. Zárate e Vieira (2005), trabalhando com araruta tipo comum, avaliando três tipos de propágulos formados por diferentes partes dos rizomas, não observaram diferença em algumas características dos rizomas, como tamanho de rizomas grandes, o que permite 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 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.

A produtividade total de rizomas estimada por área foi ajustada pelo modelo de regressão, descrito pela equação linear $[t \text{ ha}^{-1}] = 0,225643 x - 14,503951$ que explica 69,85% de ajuste, na qual a produtividade apresenta um crescimento contínuo ao longo do DAP, variando de 42,58 a 61,31 t ha⁻¹ (FIGURA 2). A produtividade média de 57,70 t ha⁻¹ ($\pm 3,38$)

obtida por De Souza et al. (2018) colhendo araruta tipo seta aos 309 DAP, corrobora com a equação linear de tendência.

Figura 2 - Médias observadas e a reta de tendência da produtividade de rizomas em função da época de colheita da araruta.

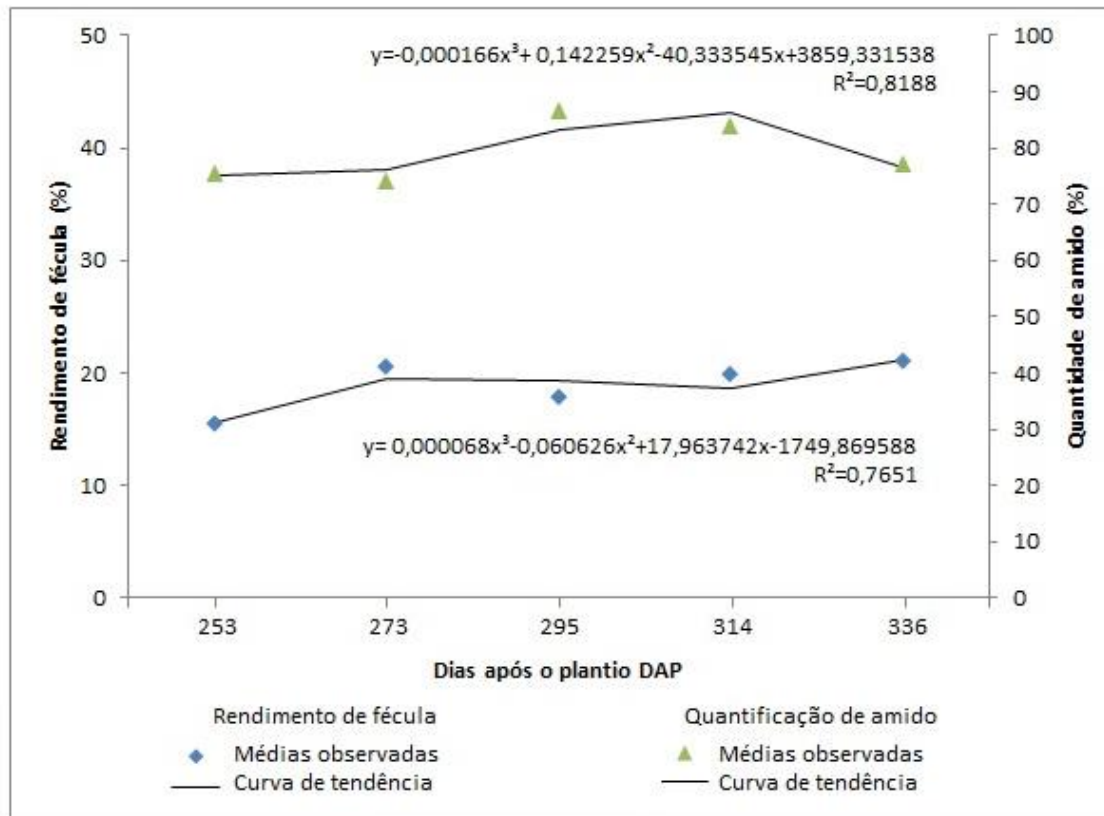


Assim, após as colheitas, foi realizado o processamento dos rizomas, visto que o produto comercial relativo ao cultivo da araruta é o amido. O amido pode ser empregado em diferentes segmentos da indústria, como por exemplo, em produtos de panificação, de embalagens, fármacos e cosméticos, dentre outros (WATERSCHOOT et al., 2015). Diante disso, é fundamental avaliar o rendimento e as propriedades do amido de araruta, pois, estudos preliminares sugerem que as épocas de colheita podem interferir nestas propriedades. Para a indústria, o rendimento e o teor de amido purificado são de fundamental importância, pois estão diretamente associados ao custo final do produto (STRECK et al., 2014).

Conforme a Figura 3, o rendimento de amido foi descrito pela equação $[RA \ %] = 0,000068x^3 - 0,060626x^2 + 17,963742x - 1749,869588$ com 76,51% de coeficiente de determinação. A colheita com menor eficiência na extração foi realizada aos 253 DAP, enquanto que entre 273 e 314 DAP houve uma estabilidade, com média de 19,15% ($\pm 0,42$) de rendimento, sendo que a extração mais eficiente ocorreu quando os rizomas foram colhidos aos 336 DAP (21,21%). Resultados estes semelhantes aos encontrados por de Leonel, Cereda

e Sarmento (2002) que, trabalhando com araruta tipo comum colhida aos 365 DAP, com rendimento de 21,34%.

Figura 3 - Médias observadas e a curva de tendência do rendimento de amido e quantificação de amido purificado de araruta em função da época de colheita.



A curva de tendência confirma a afirmação de Ferrari; Leonel; Sarmento (2005), na qual o máximo de extração de amido é observado quando já se inicia o apodrecimento dos rizomas. Os resultados obtidos neste trabalho mostram um bom rendimento prático, visto que o rendimento industrial na extração de amido de mandioca é em média 25% (LEONEL; CEREDA, 2000).

Para a quantidade de amido puro observou-se aumento de 74,95 para 86,13 %, entre os períodos de colheita de 253 a 314 DAP. Após esse período, ocorreu um decréscimo na quantidade de amido purificado (76,46 %). Essa variável é explicada pela equação $[QA] = -0,000166 x^3 + 0,142259 x^2 - 40,333545 x + 3859,331538$ com 81,88% de ajuste (FIGURA 3). Diante desses resultados, pode-se inferir que há uma tendência de reduzir a quantidade de amido purificado quando se aumenta o rendimento de amido e vice-versa.

A época de colheita influencia o processamento, seja devido às condições edafoclimáticas da região ou a fisiologia do vegetal, como é o caso do teor de fibra dos

rizomas que pode interferir no processo de extração do amido alterando o rendimento final do produto (LEONEL; CEREDA; SARMENTO, 2002).

Os fatores climáticos são imprescindíveis para entender os processos fisiológicos dos vegetais. Diante disso, a Tabela 2 apresenta dados climatológicos antecipando cada colheita. Observa-se que as temperaturas (principalmente mínima e média), precipitação e umidade relativa do ar diminuem linearmente de uma colheita para outra, enquanto que as horas de insolação diária aumentam.

Tabela 2 - 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 da insolação pode ter sido um dos fatores relevantes na produtividade e acúmulo de amido a partir de 295 DAP. Segundo Taiz et al. (2017), a luz é um recurso crítico 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 batata, 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 (LEVY; KASTENBAUM; ITZHAK, 1991). 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 (MARTÍNEZ-GARCIA et al., 2001).

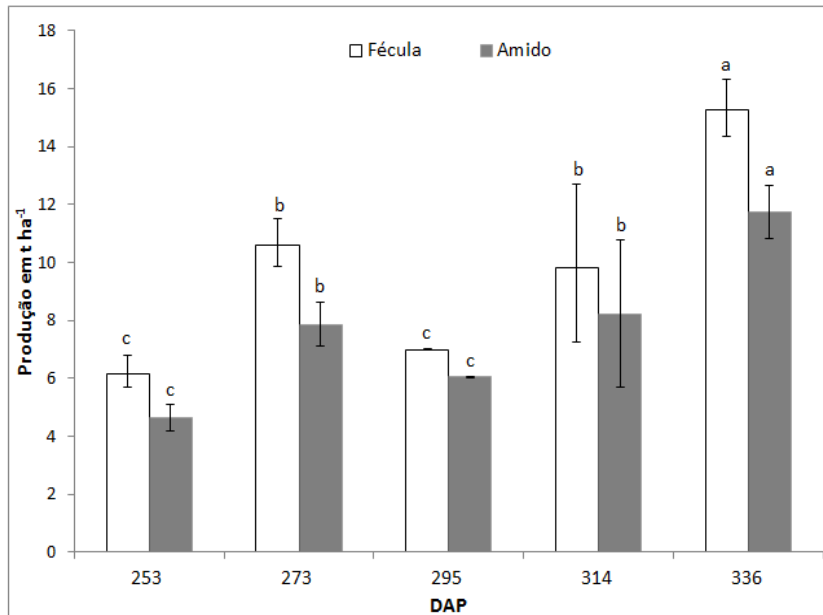
Também a partir de 295 DAP houve redução da umidade relativa do ar e ausência de precipitação, fatores que podem contribuir para aumentar o teor de matéria seca dos rizomas. No entanto, segundo Valeriano et al. (2017), a exposição de plantas ao estresse hídrico, por sua vez, induz ao declínio do potencial de água na folha, da condutância estomática e do fluxo de CO₂, podendo representar um impacto adverso sobre o acúmulo de fotoassimilados e produtividade.

De acordo com Roesler et al. (2008) há grande interesse das indústrias por variedades de mandioca que apresentem maior teor de matéria seca, pois estão relacionadas a maior teor de amido 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.

Diante da combinação dos dados de produtividade de rizomas, rendimento de amido e quantidade de amido purificado é possível estimar a produção média de amido ha^{-1} , ou ainda, a quantidade de amido purificado presente no amido por unidade de área. A colheita realizada aos 336 DAP apresentou as maiores produções, $15,25 \text{ t ha}^{-1} (\pm 1,06)$ e $11,74 \text{ t ha}^{-1} (\pm 0,92)$ de amido e amido purificado respectivamente, seguida pelas colheitas realizadas aos 273 e 314 DAP, que não diferiram entre si, com médias de $10,20 \text{ t ha}^{-1} (\pm 1,96)$ de amido e $8,04 \text{ t ha}^{-1} (\pm 1,68)$ de amido purificado. Já os tratamentos com menor produção por área, foram os colhidos em 253 e 295 DAP, que também não diferiram entre si, com média de $6,99 \text{ t ha}^{-1} (\pm 0,61)$ de amido e $6,05 \text{ t ha}^{-1} (\pm 0,82)$ de amido purificado (FIGURA 4).

Neste trabalho, devido à maior eficiência na extração, a produção de amido e amido purificado por área são superiores aos trabalhos encontrados na literatura. Como é o caso de De Souza et al. (2018) que trabalharam com araruta tipo seta colhida aos 309 DAP em diferentes manejos agrônômicos; no manejo mais produtivo ele obteve $7,49 \text{ t ha}^{-1}$ de amido e $6,35 \text{ t ha}^{-1}$ de amido purificado com uma produtividade no campo de $55,31 \text{ t ha}^{-1}$ de rizomas. Este baixo rendimento pode estar relacionado ao período de estiagem, atípico para a região, que prejudicou o desenvolvimento inicial dos rizomas dificultando assim, sua extração posteriormente.

Figura 4- Valor estimado para produtividade de amido e amido purificado de araruta em função da época de colheita.



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

Para a caracterização do amido de araruta, os resultados obtidos mostram diferenças significativas quanto à composição centesimal entre as épocas de colheitas (TABELA 3). Os teores de cinzas, proteínas e extrato etéreo foram encontrados em baixa quantidade (valores inferiores a 1 %), indicando que o processo de extração foi eficiente, conseqüentemente, o amido obtido apresentou um grau de pureza satisfatório, 98,01; 97,92; 98,79; 98,94 e 99,02 % de carboidratos na matéria seca do amido, nas diferentes épocas de colheita de 253 a 336 DAP respectivamente. É importante ressaltar a forte correlação (R^2) negativa (-0,9294) entre o teor de fibras e a pureza do amido, 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 do amido se tornou mais eficiente.

As diferenças observadas em relação às épocas de colheitas avaliadas, embora apresentando algumas diferenças estatísticas, acarretam em diferenças numéricas muito pequenas, porém, para a 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 do amido após a extração. Contudo, considerando os limites estabelecidos pela legislação brasileira, todos os tratamentos estão dentro dos padrões com no máximo 14 % de umidade (valor satisfatório, pois evita desenvolvimento de microrganismos) e 0,5 % de cinzas (BRASIL, 1978).

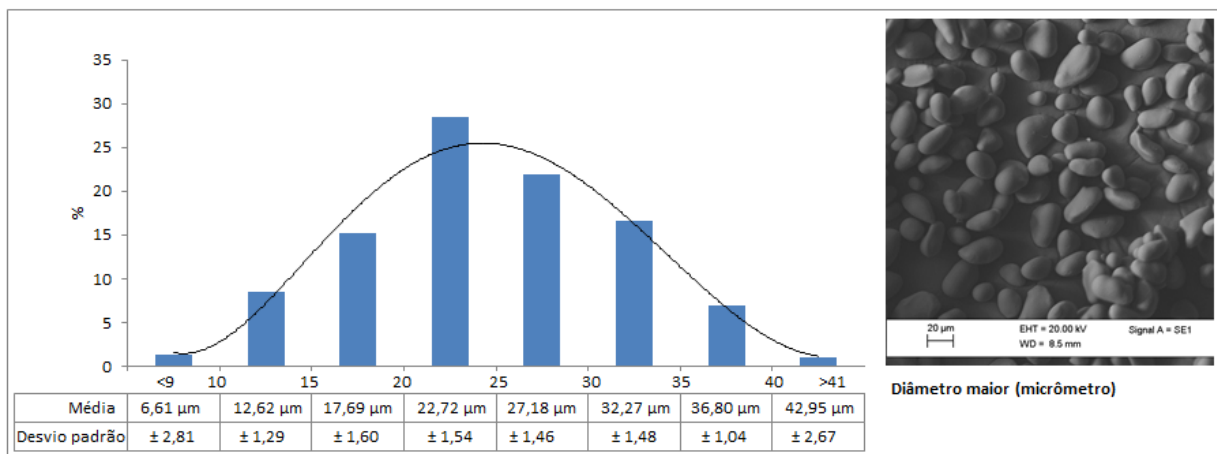
Tabela 3 - Análise de médias para a composição centesimal do amido em função da colheita em diferentes dias após o plantio (DAP), em base seca.

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 & Knott ao nível de 5% de probabilidade.

A análise microscópica dos grânulos, realizada no amido de araruta mostrou que não houve diferença quanto ao tamanho e a forma entre as diferentes épocas de colheita. Os grânulos apresentam estrutura lisa, sem apresentar porosidade superficial ou irregularidades, o que demonstra grânulos íntegros e não danificados. Formato predominante circular e ovoide, segundo Pérez et al. (1997) com formato de feijão (FIGURA 5).

Figura 5 - 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 curva de tendência da distribuição do tamanho dos grânulos (diâmetro maior) entre as diferentes épocas de colheitas apresentou uma semelhança, por isso, foi feita uma média com todos os valores. 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 μm ($\pm 1,54$). Semelhante à faixa apresentada por Leonel (2007) de 20 a 30 μm . É importante ressaltar, que a forma e o tamanho dos grânulos de amido

variam com a espécie, e a distribuição de tamanho pode variar com o estágio de desenvolvimento da planta e forma de tuberização.

Pela análise de múltiplos fatores (MFA) foi demonstrado a similaridade entre as cinco épocas de colheita levando em consideração as características de produtividade, rendimento de extração, quantidade de amido purificado e composição centesimal do amido de araruta. Os resultados das análises foram obtidos por meio do desenvolvimento de scripts no software R (R CORE TEAM 2017), para uso público, por meio do pacote MVar.pt versão 2.0.0 (OSSANI; CIRILLO, 2018).

Os resultados evidenciaram que as análises poderão ser explicadas em um espaço bidimensional, uma vez que a proporção da variação explicada nos dois primeiros componentes é de 100 % da variação amostral. Em se tratando da inércia parcial de cada colheita, interpretada como a quantidade de variação restituída em cada componente inerente da análise global, os valores variaram de 0,685 a 0,989 na primeira componente (relacionada à melhor explicação com 59,74 % da variação total), enquanto que na segunda componente a variação foi de 0,316 a 0,768 (TABELA 4).

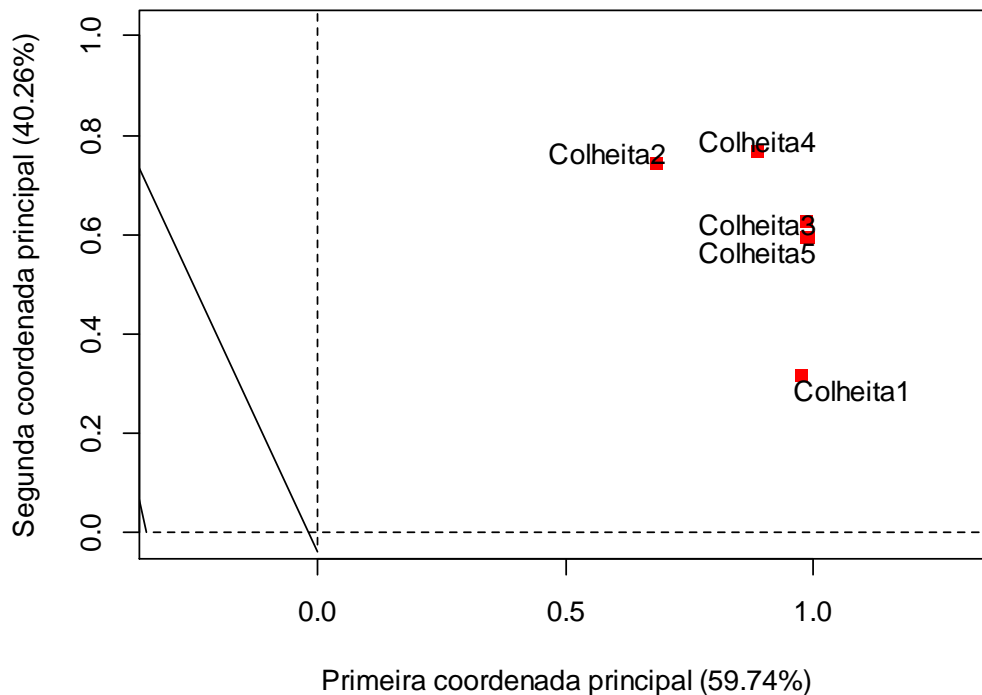
Tabela 4 - Valores referentes às inércias computadas nos dois primeiros eixos para cada tratamento formado por grupos de variáveis em diferentes colheitas.

Componentes	Colheita 1	Colheita 2	Colheita 3	Colheita 4	Colheita 5
1	0,976	0,685	0,986	0,887	0,989
2	0,316	0,745	0,626	0,768	0,594

Coefficientes de similaridade (CS): fraca similaridade entre $0,0 \leq CS < 0,3$; baixa $0,3 \leq CS < 0,5$; moderada $0,5 \leq CS < 0,7$; alta $0,7 \leq CS < 0,9$; e forte $0,9 \leq CS \leq 1,0$.

Seguindo essas especificações, 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 (diante das repetições observadas em cada variável) o comportamento apresenta algumas oscilações nas diferentes épocas de colheita. Os resultados da primeira e segunda componente foram utilizados para gerar a Figura 6.

Figura 6 - Coordenadas principais da similaridade entre as cinco épocas de colheita de araruta.



A análise fatorial exploratória usando o método dos componentes principais, sem rotação, foi feita por meio do desenvolvimento de scripts no software R (R CORE TEAM 2017) para uso público por meio do pacote MVar.pt versão 2.0.0 (OSSANI; CIRILLO, 2018). O número de fatores foi escolhido com base na proporção explicada pelos autovalores (TABELA 5).

Tabela 5 - Correlação referentes aos dois primeiros fatores, sem rotação.

Fator	Nº rizoma	Produtividade (t ha ⁻¹)	Rendimento de amido	Quantificação de amido purificado	Umidade	Extrato Etéreo
1	-0,573	-0,478	-0,713	0,637	-0,915	-0,905
2	-0,655	-0,680	-0,542	-0,386	0,390	0,327
Com.*	0,757	0,691	0,802	0,555	0,990	0,926
V.E.**	0,243	0,309	0,198	0,445	0,010	0,074

Fator	Cinzas	Proteína	Fibra	Fração Glicídica	Variância	% Variância
1	0,531	-0,439	-0,022	0,891	4,396	43,96
2	0,146	-0,349	0,905	-0,447	2,755	27,55
Com.*	0,303	0,314	0,819	0,993	7,151	71,51
V.E.**	0,697	0,686	0,181	0,007	-	-

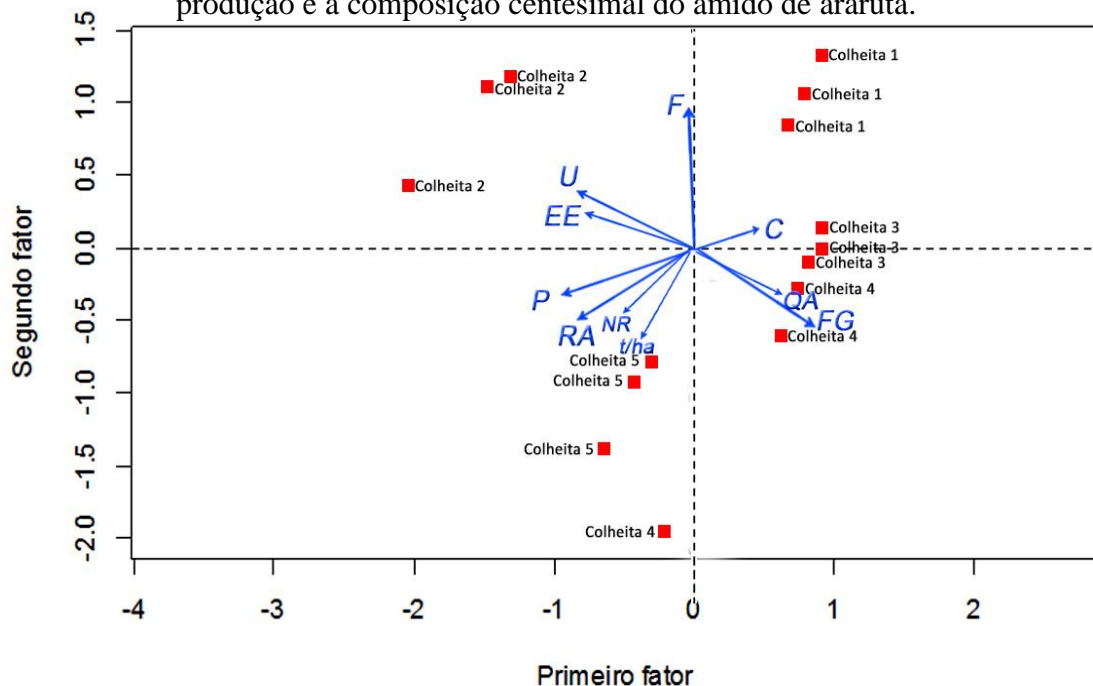
* Comunalidade ** Variância específica

Pela Tabela 5, a explicação da variância total atribuída aos dois fatores foi de 71,51 %. A variável que menos foi explicada pelo modelo fatorial foi a cinza, e a que mais foi explicada foi fração glicídica, esses resultados podem ser facilmente verificados tomando-se a comunalidade de cada variável. De acordo com Schawb (2007), as comunalidades representam a proporção da explicação da variância para cada variável nos fatores.

O conhecimento das correlações existentes entre os caracteres é de grande importância para definir a melhor época de colheita, estas correlações podem ser classificadas como nulas ($r=0$), fracas ($0 < r < 0,3$), médias ($0,3 \leq r < 0,6$), fortes ($0,6 \leq r < 0,9$), fortíssimas ($0,9 \leq r < 1$) e perfeitas ($r=1$) (CARVALHO; LORENCETTI; BENIN., 2004).

No primeiro fator há fortíssimas correlações (cargas em módulo) entre as variáveis, umidade e extrato etéreo, enquanto que a variável rendimento de amido possui forte carga fatorial e inversa à variável fração glicídica. As variáveis quantificação de amido e cinzas, e ainda, as variáveis produtividade ($t\ ha^{-1}$) e proteína, possuem em módulo baixa carga fatorial. No segundo fator tem-se que a variável fibra possui fortíssima carga fatorial e se relaciona de modo inverso com as variáveis, número de rizoma, produtividade, rendimento de amido, quantificação de amido e proteínas. As correlações entre as variáveis e os fatores são mais bem visualizadas na Figura 7.

Figura 7 - Associação das cinco épocas de colheita estudadas com as características de produção e a composição centesimal do amido de araruta.



Legenda: RA: Rendimento de amido; NR: número de rizomas; t/ha: produtividade de rizomas; FG: Fração glicídica; QA: Quantidade de amido; C: Cinzas; F: Fibra; U: Umidade; EE: Extrato Etéreo; P: Proteína.

Pelo Biplot na Figura 7, pode-se observar que as variáveis umidade e extrato etéreo estão associadas à colheita 2, enquanto que rendimento de amido, produtividade ($t\ ha^{-1}$) e proteína estão associadas à colheita 5, onde se observou maior rendimento de amido e maior quantidade de proteína. A variável cinza aparece associada à colheita 3, fração glicídica e quantificação de amido a colheita 4, e a variável fibra aparece associada às colheitas 1 e 2.

De acordo com os dados da Tabela 5 e observando a Figura 7 é possível fazer algumas ponderações. No primeiro fator, as correlações entre as variáveis, rendimento de amido (-0,713) e quantidade de amido purificado (0,637) são moderadas e inversas, ou seja, à medida que se aumenta o rendimento ocorre uma redução na quantidade de amido purificado e vice-versa. Em contrapartida, quando se leva em consideração apenas o segundo fator, as variáveis têm correlação média em módulo (-0,542 e -0,386), esses dados corroboram com a Figura 3, e sugerem que há situações nos dados onde existe uma correlação direta entre o rendimento de amido com a quantidade de amido purificado, embora na maioria das vezes, essa relação seja inversa, apresentada pelo primeiro fator.

A quantidade de amido purificado 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 purificado, 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 amido 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 o 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 houveram muitas 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, onde a ocorrência de chuvas nessas épocas acelera o metabolismo da planta e, conseqüentemente, a produção de metabolitos presentes no amido. 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. Fatos similares foram diagnosticado por Pastorini et al. (2003) em experimento com batata.

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 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 foram influenciadas pelas variáveis relacionadas, indubitavelmente. As figuras apresentadas vêm colaborar com que foi dito na análise fatorial, sobre o comportamento das variáveis.

4 CONCLUSÃO

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

A colheita realizada aos 336 dias após o plantio é a mais viável, pois apresenta maior produção estimada de rizomas, amido extraído e amido puro por área, além de que apresentar a característica de maior pureza no amido extraído.

REFERÊNCIAS

- ABDI, H.; WILLIAMS, L.; VALENTIN, D. Multiple factor analysis: principal component analysis for multitable and multiblock data sets. **WIREs Computational Statistics**, New York, v. 5, n. 2, p. 149-179, Feb. 2013.
- BOBBIO, P. A.; BOBBIO, F. O. **Química do processamento de alimentos**. 3. ed. rev. São Paulo: Varela, 2003.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária. Departamento Nacional de Meteorologia. **Normais climatológicas: 1961-1990**. Brasília, DF, 1992. 84 p.
- _____. **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, São Paulo, SP, 21 de outubro de 1978. p. 20.
- _____. **Manual de Hortaliças Não-Convencionais**. 2010. 99 p.
- CARVALHO, F.I.F.; LORENCETTI, C.; BENIN, G. **Estimativas e implicações da correlação no melhoramento vegetal**. Pelotas: UFPel, 2004. 142 p.
- CORREA, H.; ROCHA, B.V. Manejo da cultura da mandioca. **Informe Agropecuário**, v. 5, n. 59/60, p. 16-30, 1979.
- DAIUTO, E. R.; CEREDA, M. P. Amido como suporte na desidratação por atomização e em microencapsulamento. In: CEREDA, M. P.; VILPOUX, O. F. **Tecnologia, usos e potencialidades de tuberosas amiláceas sul americanas**. São Paulo: Fundação Cargill, 2003. p. 449-475
- DANTAS, A. A. A.; CARVALHO, L. G. de; FERREIRA, E. Classificação e tendência climática em Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, MG, v. 31, n. 6, p. 1862-1866, 2007.
- DE SOUZA, D. C. et al. Conservação pós-colheita de araruta em função da temperatura de armazenamento. **Magistra**, v. 28, n. 3/4, p. 403-410, 2016.
- DE SOUZA, D. C. et al. Influence of irrigation, planting density and vegetative propagation on yield of rhizomes of starch the arrowroot. **Rev. Ciênc. Agr.**, v. 41, n. 3, p. 683-691, 2018.
- DORTA VILLEGAS, A. M.; PÉREZ, A.T.C.; Determinación del contenido de hierro, fósforo, calcio y algunos factores antinutricionales en harina del rizoma de guapo (*Maranta arundinacea*), **Saber**, v. 26, n. 2, 2014.
- ESCOFIER, B.; PAGÈS, J.; **Analyses factorielles simples et multiples: objectifs, méthodes et interprétation**. 4th. ed. Paris: Dunod, 2008. 318 p.
- 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, n. 2, p. 93-98, 2005.

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

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

JYOTHI, G. K.; et al. Nutritional and functional characteristics of protein fortified pasta from sweet potato. **Food and Nutrition Sciences**, v. 2, n. 9, p. 944-955, 2011.

LEONEL, M.; CEREDA M.P. Extração da fécula retida no resíduo fibroso do processo de produção de fécula de mandioca. **Ciênc. Tecnol. Aliment.** v. 20, n. 1, p. 122-127, 2000.

LEONEL, M.; CEREDA, M. P. Caracterização físico-química de algumas tuberosas amiláceas **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v. 22, n. 1, p. 65-69, 2002.

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.

LEONEL, M. Análise da forma e tamanho de grânulos de amidos de diferentes fontes botânicas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 3, p. 579-588, 2007.

LEVY, D.; KASTENBAUM, E.; ITZHAK, Y. Evaluation of parents and selection for heat tolerance in the early generations of a potato (*Solanum tuberosum* L.) breeding program. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 82, n. 2, p. 130-136, 1991.

MADHAVA, N. M. et al. Morphological, structural, and functional properties of maranta (*Maranta arundinacea* L) starch. **Food Sci. Biotechnol.** v. 21, n.3, p.747-752, 2012.

MARTÍNEZ-GARCIA, J. F. et al. The interaction of gibberellins and photoperiod in the control of potato tuberization. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 20, n. 4, p. 377-386, 2001.

MARTINS, A.Q. Araruta. **Revista da Flora Medicinal**, ano 10, n. 4, p.147-173, 1943.

MARTINS, P. S. **Dinâmica evolutiva em roças de caboclos amazônicos**. v. 19, n. 53, p. 209-220, 2005.

MORENO L. B. et al. Influence of plant density and hilling on yield and profitability of arrowroot, **Pesq. Agropec. Trop.**, v. 47, n. 4, p. 465-471, 2017.

OLIVEIRA, N. T. et al. Effect of Harvest Time and Nitrogen Doses on Cassava Root Yield and Quality. **Rev Bras. Cienc. Solo**, v. 41, 2017.

OLIVEIRA, S. P. et al. 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). 2018. URL <<https://cran.r-project.org/web/packages/MVar.pt/index.html>>. R package version 2.0.0.

PASTORINI L. H. P. et al. Produção e teor de carboidratos não estruturais em tubérculos de batata obtidos em duas épocas de plantio. **Horticultura Brasileira**, v. 21, n. 4, p. 660-665, 2003.

PÉREZ, E.; LARES, M.; GONZÁLEZ, Z. Some characteristics of sagu (*Canna edulis*) and zulu (*Maranta* sp) rhizomes. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 45, n. 7, p. 2546-2549, 1997.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ, V.H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5º Aproximação**. Comissão de fertilidade do solo do estado de Minas Gerais, 1999. 322p.

ROESLER, P. V. S. O. et al. Produção e qualidade de raiz tuberosa de cultivares de batata-doce no oeste do Paraná. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 30, n. 1, p. 117-122, 2008.

SCHAWB, A. J. **Eletronic Classroom**. [Online] Disponível em: <<http://www.utexas.edu/ssw/eclassroom/schwab.html>> Acesso em: 22 jan. 2010.

SAGRILO, E. et al. Efeito da época de colheita no crescimento vegetativo, na produtividade e na qualidade de raízes de três cultivares de mandioca. **Bragantia**, v. 61, n. 2, p. 115-125, 2002.

SCOTT, A. J.; KNOTT, M.A. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**. Raleigh, v. 30, n. 3, p. 507-512, 1974.

STRECK, N. A. et al. Efeito do espaçamento de plantio no crescimento, desenvolvimento e produtividade da mandioca em ambiente subtropical. **Bragantia**, v. 73, n. 4, p. 407-415, 2014.

TAIZ, L. et al. Fisiologia e desenvolvimento vegetal. 6. ed. São Paulo: Artmed. 2017, 888 p.

VALERIANO, T. T. Manejo de irrigação para a alface americana cultivada em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v. 6, n. 2, p.118-123, 2017.

VÍTOR, L. A.; et al. Produtividade e qualidade das raízes da mandioca em função de diferentes épocas de colheita. **Revista Agri-Environmental Sciences**, v.1, n. 2, 2015.

WATERSCHOOT, J. et al. Production, structure, physicochemical and functional properties of maize, cassava, wheat, potato and rice starches. **Starch/Staerke**, v. 67, n.1-2, p. 14-29, 2015.

ZÁRATE, N. A. H.; VIEIRA, M. C. Produção da araruta “comum” proveniente de três tipos de propágulos. **Ciência e Agrotecnologia**. v. 29, n.5, p. 995-1000, 2005.