

EDNÂNGELO DUARTE PEREIRA

**CRESCIMENTO E ACÚMULO DE MACRONUTRIENTES EM ARARUTA  
(*Maranta arundinacea* L.) AO LONGO DO CICLO DE CULTIVO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte dos requisitos exigidos do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de Magister Scientiae.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2019

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade  
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

P436c  
2019  
Pereira, Ednângelo Duarte, 1988-  
Crescimento e acúmulo de macronutrientes em araruta (*Maranta arundinacea* L.) ao longo do ciclo de cultivo /  
Ednângelo Duarte Pereira. – Viçosa, MG, 2019.  
xi, 43 f. : il. ; 29 cm.

Orientador: Mario Puiatti.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 37-43.

1. *Maranta arundinacea* - Crescimento. 2. Nutrição mineral. 3. Macronutrientes. 4. Extração (Química).  
I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Fitotecnia. Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia. II. Título.


CDD 22. ed. 584.39

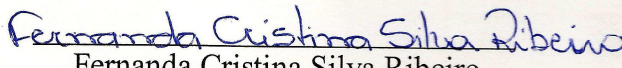
EDNÂNGELO DUARTE PEREIRA

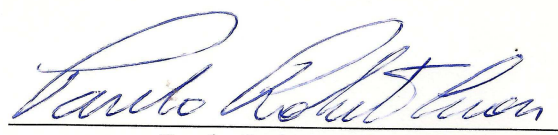
**CRESCIMENTO E ACÚMULO DE MACRONUTRIENTES EM ARARUTA  
(*Maranta arundinacea* L.) AO LONGO DO CICLO DE CULTIVO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte dos requisitos exigidos do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 28 de fevereiro de 2019.

  
\_\_\_\_\_  
Maria Aparecida Nogueira Sedyama

  
\_\_\_\_\_  
Fernanda Cristina Silva Ribeiro

  
\_\_\_\_\_  
Paulo Roberto Cecon  
(Coorientador)

  
\_\_\_\_\_  
Mario Pulatti  
(Orientador)

Aos meus pais Edil e Helena  
À minha querida irmã Angélica  
Ao meu querido irmão Edicarlos (in memoriam)  
À minha princesa Isabelly  
DEDICO.

## AGRADECIMENTOS

A Deus pelo dom da vida, por ter me dado saúde e forças para superar os obstáculos e concluir mais uma etapa da minha formação profissional.

Aos meus pais, Edil e Helena, que são minha fonte de inspiração, pelo amor incondicional, esforço, ensinamentos e por se fazerem sempre presentes mesmo com a distância.

À minha irmã Angélica e a minha sobrinha Isabelly, por todo amor e apoio.

À UFV — Universidade Federal de Viçosa —

Às amigas Chrislene Nojosa e Albanise Marinho por estarem sempre presentes mesmo com a distância física, compartilhando dos momentos de conquistas e dos momentos difíceis.

Às secretárias do Departamento de Fitotecnia Tatiana e Lídia pelo excelente atendimento sempre que precisei.

Ao Programa de Pós-graduação em Fitotecnia e aos professores com os quais tive a oportunidade de adquirir valiosos conhecimentos.

Embora seja impossível nomear todos que, de uma forma ou de outra, contribuíram para a realização deste trabalho, pois a lista seria infindável, manifesto a eles minha gratidão.

Muito Obrigado!

## **BIOGRAFIA**

Ednângelo Duarte Pereira, filho de Edil Carlos Duarte Pereira e Maria Helena Alves Pereira, nasceu no dia 19 de setembro de 1988, em Redenção - Ceará.

Graduou-se em Agronomia pela Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB) - Redenção (CE), em dezembro de 2016. Em março de 2017 iniciou o curso de mestrado em Fitotecnia pela Universidade Federal de Viçosa (UFV).

## SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS .....	vii
LISTA DE FIGURAS .....	viii
RESUMO .....	ix
ABSTRACT .....	x
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. MATERIAL E MÉTODOS .....	3
2.1 Caracterização da área experimental e condução do experimento .....	3
2.2 Delineamento experimental .....	5
2.3 Coleta de plantas e preparo das amostras .....	5
2.4 Avaliações .....	6
2.4.1 Acúmulo de massa de matéria seca e taxa de crescimento absoluto.....	6
2.4.2 Produtividade de rizomas e estimativa de produtividade de amido .....	6
2.4.3 Teor e acúmulo de nutrientes .....	6
2.5 Análise estatística .....	7
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	8
3.1 Acúmulo de Massa de Matéria Seca (MMS) e Taxa de Crescimento Absoluto (TCA).....	8
3.2 Estimativa da produtividade de rizomas e de amido nos rizomas.....	10
3.3 Absorção e distribuição de macronutrientes nos órgãos da araruta.....	11
3.3.1 Nitrogênio Orgânico.....	11
3.3.2 Nitrogênio – Nitrato .....	14
3.3.3 Nitrogênio Total (NT).....	16
3.3.4 Fósforo (P) .....	20
3.3.5 Potássio (K).....	23
3.3.6 Cálcio .....	26
3.3.7 Magnésio .....	29
3.3.8 Enxofre.....	32
3.4 Quantidades de macronutrientes demandadas pelas ararutas ‘Viçosa’ e ‘Seta’ .....	34
4. CONCLUSÕES.....	36
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	37

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Produção de rizomas, em massa de matéria fresca (MMF) e em massa de matéria seca (MMS), e estimativa da produção de amido em rizomas das variedades de araruta Viçosa e Seta na última colheita realizada aos 345 dias após o plantio.....	10
<b>Tabela 2.</b> Teores médios de nitrogênio orgânico nos órgãos de plantas de araruta, variedades Viçosa e Seta, ao longo do ciclo de cultivo .....	12
<b>Tabela 3.</b> Teores médios de nitrato nos órgãos de plantas de araruta nas variedades Viçosa e Seta ao longo do ciclo de cultivo .....	15
<b>Tabela 4.</b> Valores médios de N-nitrato acumulado nos órgãos das plantas de araruta variedades Viçosa e Seta durante o ciclo de cultivo .....	15
<b>Tabela 5.</b> Teores médios de nitrogênio total nos órgãos de plantas de araruta, variedades Viçosa e Seta, ao longo do ciclo de cultivo .....	17
<b>Tabela 6.</b> Teores médios de P nos órgãos de plantas de araruta, variedades Viçosa e Seta, ao longo do ciclo de cultivo .....	20
<b>Tabela 7.</b> Teores médios de K nos órgãos de plantas de Araruta nas variedades Viçosa e Seta ao longo do ciclo de cultivo .....	23
<b>Tabela 8.</b> Teores médios de Ca nos órgãos de plantas de araruta, variedades Viçosa e Seta, ao longo do ciclo de cultivo .....	26
<b>Tabela 9.</b> Teores médios de Mg nos órgãos de plantas de araruta, variedades Viçosa e Seta, ao longo do ciclo de cultivo .....	30
<b>Tabela 10.</b> Teores médios de S nos órgãos de plantas de araruta, variedades Viçosa e Seta, ao longo do ciclo de cultivo .....	32
<b>Tabela 11.</b> Quantidades totais de macronutrientes para atender a necessidade nutricional das variedades de araruta Viçosa e Seta durante um ciclo de cultivo.....	35

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Valores médios mensais das temperaturas máximas, mínimas e médias registrados durante o período de condução do experimento.....	3
<b>Figura 2.</b> Valores médios mensais de umidade relativa do ar e de precipitação pluvial registrados durante o período de condução do experimento.....	4
<b>Figura 3.</b> Massa de matéria seca em rizomas-semente (A), raízes (B), parte aérea (C) e rizomas (D) das variedades de araruta Viçosa e Seta ao longo do ciclo de cultivo.....	8
<b>Figura 4.</b> Quantidade de N-orgânico acumulada nos rizomas-semente (A), raízes (B), parte aérea (C) e rizomas (D) das variedades de araruta Viçosa e Seta ao longo do ciclo de cultivo.....	13
<b>Figura 5.</b> Quantidade de N total nos rizomas-semente (A), raízes (B), parte aérea (C) e rizomas (D) de variedades de araruta ao longo do ciclo de cultivo .....	18
<b>Figura 6.</b> Quantidade de P nos rizomas-semente (A), raízes (B), parte aérea (C) e rizomas (D) de variedades de araruta ao longo do ciclo de cultivo .....	22
<b>Figura 7.</b> Quantidade de k nos rizomas-semente (A), raízes (B), parte aérea (C) e rizomas (D) de variedades de araruta ao longo do ciclo de cultivo .....	25
<b>Figura 8.</b> Quantidade de Ca nos rizomas-semente (A), raízes (B), parte aérea (C) e rizomas (D) de variedades de araruta ao longo do ciclo de cultivo .....	28
<b>Figura 9.</b> Quantidade de Mg nos rizomas-semente (A), raízes (B), parte aérea (C) e rizomas (D) de variedades de araruta ao longo do ciclo de cultivo .....	31
<b>Figura 10.</b> Quantidade de S nos rizomas-semente (A), raízes (B), parte aérea (C) e rizomas (D) de variedades de araruta ao longo do ciclo de cultivo .....	33

## RESUMO

PEREIRA, Ednângelo Duarte, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2019. **Crescimento e acúmulo de macronutrientes em araruta (*Maranta arundinacea* L.) ao longo do ciclo de cultivo.** Orientador: Mario Puiatti. Coorientadores: Paulo Roberto Cecon e Paulo Roberto Gomes Pereira.

A araruta (*Maranta arundinacea* L.), pertencente à família Marantaceae, é uma hortaliça rizomatosa com enorme potencial de uso nas indústrias alimentícia e farmacêutica. O amido da araruta tem grande número de usos culinários e possui propriedades demulcentes que acalma e protege os tecidos internos irritados e inflamados do corpo. Porém, apesar de sua importância, faltam informações sobre a fisiologia da planta e nutrição mineral desta cultura, o que tem limitado melhorias na produtividade de rizomas e de amido. A produção global de araruta é baixa e isso está associado à falta de técnicas agronômicas para seu cultivo, principalmente as relativas às exigências nutricionais da cultura. O trabalho teve como objetivo avaliar o acúmulo de macronutrientes na massa de matéria seca de rizomas-semente, raízes, parte aérea e rizomas de duas variedades de araruta. O experimento foi conduzido no ano agrícola 2016/17, na Horta do Departamento de Fitotecnia (DFT) da Universidade Federal de Viçosa (UFV). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com quatro repetições. Os tratamentos consistiram em nove épocas de coleta das plantas (105, 135, 165, 195, 225, 255, 285, 315 e 345 dias após o plantio). Foi utilizado como material propagativo, rizomas-semente de duas variedades de araruta, ‘Viçosa’ e ‘Seta’, provenientes do Banco de Germoplasma de Hortaliças da UFV. As plantas coletadas, depois de lavadas, foram separadas em rizoma-semente, raízes, parte aérea e rizomas. Posteriormente foi realizada a pesagem, secagem em estufa com circulação forçada de ar a 65°C, moagem e determinação dos teores de macronutrientes no Laboratório de Nutrição Mineral do DFT da UFV. O acúmulo dos nutrientes foi calculado multiplicando os teores dos elementos pela massa de matéria seca do órgão correspondente. As variedades de araruta podem extrair quantidades elevadas de macronutrientes do solo. As quantidades de N; P; K; Ca; Mg e S necessárias para primeiro ciclo de cultivo de araruta ‘Viçosa’ e ‘Seta’ são, respectivamente, de: 266 e 422; 96 e 133; 523 e 607; 214 e 307; 179 e 214; 147 e 235 kg ha<sup>-1</sup>.

## ABSTRACT

PEREIRA, Ednângelo Duarte, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2019. **Growth and accumulation of nutrients in arrowroot (*Maranta arundinacea* L.) throughout the crop cycle.** Adviser: Mario Puiatti. Co-advisers: Paulo Roberto Cecon and Paulo Roberto Gomes Pereira.

Arrowroot (*Maranta arundinacea* L.) belongs to the Marantaceae family, it is a tuberous vegetable with huge potential use in the food and pharmaceutical industries. However, despite its importance, more information about physiology and nutrition of this culture is lacking, limiting the achievement of high productivity. The global production of arrowroot is low, and this is associated with the lack of agronomic techniques for its cultivation, especially those related to the nutritional crop requirements. The arrowroot starch has a large number of culinary uses and properties including demulcents that soothes and protects the internal irritated and inflamed body tissues. The objective was to evaluate the accumulation of macronutrients in the dry matter mass of seed rhizomes, roots, shoots and rhizomes. The experiment was conducted in the agricultural year 2016/17, in the Department of Plant Science (DPS) of the Universidade Federal de Viçosa (UFV). The experimental design was completely randomized, with four replications. The treatments consisted of nine plant collection times (105, 135, 165, 195, 225, 255, 285, 315, 345 days after planting). It was used as propagative material, seed rhizomes of two arrowroot cultivars, 'Viçosa' and 'Seta', from the Germplasm Bank of Vegetables of the UFV. The plants sampled, after washing, were separated in seed rhizome, roots, shoots and rhizomes. Subsequently, weighed, dried in a kiln with forced air circulation at 65°C, milling and macronutrient contents determination in the Laboratory of Mineral Nutrition of DPS. Accumulation of nutrients was calculated by multiplying the contents of the elements by the dry matter mass of the corresponding organ. The two cultivars of arrowroot can extract high amounts of macronutrients from the soil. The amounts of N; P; K; Ca; Mg and S required for the first cycle of 'Viçosa' and 'Seta' arrows are respectively: 266 and 422; 96 and 133; 523 and 607; 214 and 307; 179 and 214; 147 and 235 kg ha<sup>-1</sup>.

## 1. INTRODUÇÃO

A araruta (*Maranta arundinaceae* L.), pertencente à família Marantaceae, é uma planta herbácea ereta, com folhas pontiagudas, podendo atingir de 0,60 a 1,20 m de altura; é originária da América Latina onde ainda é encontrada de forma nativa nas matas venezuelanas (Kinupp & Lorenzi, 2014).

A produção global de araruta é pequena, e isso pode ser parcialmente associado à falta de técnicas agronômicas para seu cultivo comercial (Moreno et al., 2017). Três variedades são de importância no Brasil, a “Creoula”, “Banana” e “Comum”, sendo essa última a mais difundida (Leonel & Cereda, 2002). Todavia, outros materiais, como a ‘Viçosa’ têm sido pesquisados nos últimos anos (Vieira et al., 2015).

O cultivo da araruta é importante para a agricultura brasileira, particularmente a agricultura familiar, devido à sua rusticidade, alto valor de mercado do polvilho e o fato de não exigir tecnologias sofisticadas no seu cultivo (Vieira et al., 2015).

O preço do amido de araruta no mercado doméstico varia 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).

Araruta é uma cultura com enorme potencial de uso nas indústrias alimentar e farmacêutica (Jyothi et al., 2009). O órgão utilizado dessas plantas são os rizomas que contém: água (11,9%), cinza (0,58%), amilose (25,9%), amilopectina (73,56%), proteína (0,14%), gordura (0,84%), fibra insolúvel (8,7%) e fibra solúvel (5,0%), e sua farinha é uma fonte potencial de prebióticos (Harmayani et al., 2011).

Atualmente o amido de araruta, denominado polvilho, é usado em alimentos como agente espessante ou fibra dietética, em têxteis, em cosméticos e em remédios como transportador de fármacos, também como matéria prima para produção de bioetanol, entre outros (Tanetrungroj & Prachayawarakorn, 2015; Winarti et al., 2014; Kumalasari et al., 2012).

O amido possui propriedades demulcentes que acalmam e protegem os tecidos internos irritados ou inflamados do corpo e, portanto, é comumente utilizado para tratar queixas intestinais (Mathew, 2007).

Outra característica importante do amido da araruta, que o torna especial, é a ausência natural de glúten, uma proteína característica das gramíneas, tais como trigo, aveia, centeio e cevada, o que torna os produtos derivados da araruta recomendáveis para pessoas celíacas, as quais apresentam intolerância alimentar a esta proteína. Com

isso, a araruta pode trazer benefícios à saúde por desempenhar papel benéfico na redução do risco de doenças degenerativas, como a doença celíaca e, dessa forma, os alimentos derivados da araruta podem ser considerados como “alimentos com alegações de propriedades funcionais”. Esses alimentos além de fonte de vitaminas, proteínas, sais minerais e carboidratos, exercem importante função protetora do corpo contra possíveis agentes desencadeadores de doenças, em especial, pela eliminação de toxinas e neutralização de radicais livres (Anvisa, 2017). Com isso, a indústria alimentícia voltou a ter grande interesse pelo amido da araruta (Leonel & Cereda, 2002).

O amido da araruta é capaz de neutralizar os radicais livres removendo as espécies reativas de oxigênio (ROS). O estresse oxidativo gerado por radicais livres é neutralizado pelo amido de araruta e as células são protegidas contra danos por ROS, prevenindo o aparecimento de doenças como diabetes, doenças cardiovasculares, hipertensão arterial e câncer (Collado et al., 2016; Leyva-López et al., 2016; Radomska-Lesniewska et al., 2016).

Apesar de sua aplicação em muitos campos das indústrias alimentícia, têxtil, cosmética e farmacêutica não existem estudos na área de fisiologia e nutrição mineral de plantas sobre a determinação da absorção e do acúmulo de nutrientes nas diferentes fases de desenvolvimento da planta de araruta.

A determinação da absorção, e consequente acúmulo de nutrientes nas diferentes fases de crescimento e desenvolvimento da planta, são importantes porque permite determinar as épocas em que os elementos são mais exigidos pela cultura e a distribuição desses nas diferentes estruturas da planta. Assim, a utilização de curvas de acúmulo de nutrientes nos vários órgãos das plantas em cada etapa do ciclo de desenvolvimento, permite quantificar a exportação e a imobilização de nutrientes em cada órgão colhido ou não, respectivamente, e assim auxilia no estabelecimento de um programa de recomendação de adubação, visando atingir sua máxima capacidade produtiva, com menor custo, menor in put de energia e menor risco ao ambiente.

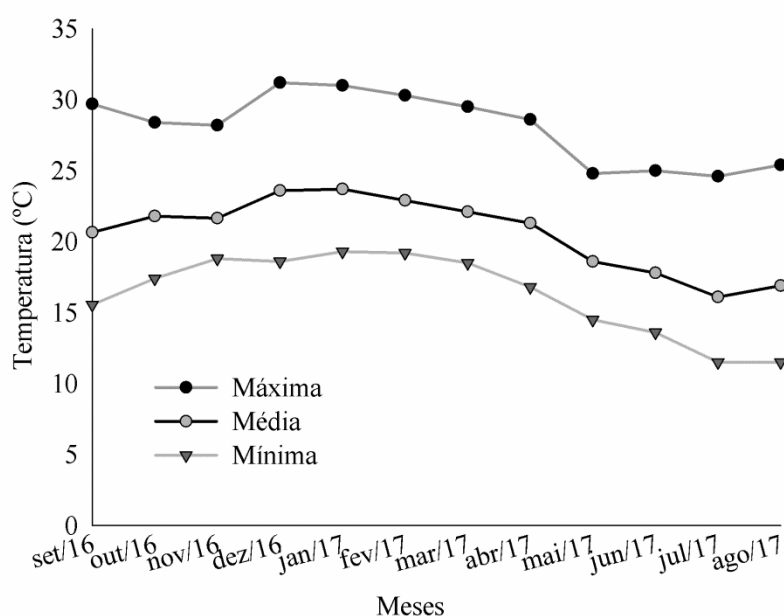
Considerando a importância econômica do amido de araruta e a escassez de informações sobre a necessidade nutricional da cultura, conduziu-se o presente trabalho objetivando avaliar o crescimento e o acúmulo de macronutrientes nos órgãos das plantas de araruta variedades Viçosa e Seta durante o cultivo.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

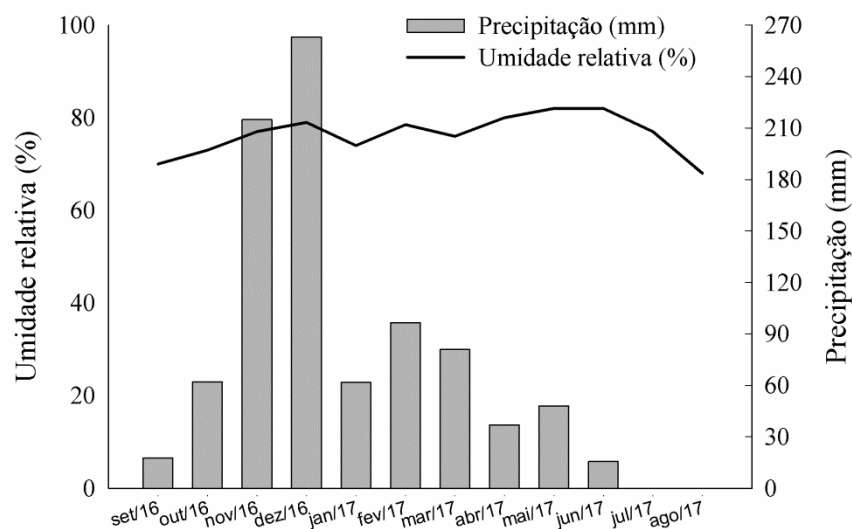
### 2.1 Caracterização da área experimental e condução do experimento

O experimento foi conduzido no ano agrícola de 2016/17, na Horta Nova do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa (UFV). O município de Viçosa está a 650 m de altitude, latitude sul de 20° 45', longitude oeste de 42° 51'. De acordo com a classificação de Köppen, apresenta clima tipo “Cwa” (clima subtropical úmido), caracterizado pelo clima tropical de altitude, com chuvas no verão e seca no inverno.

A temperatura média durante o período experimental foi de 20,5 °C; e as médias das temperaturas mínimas e máximas foram de 16,2 °C e 28,0 °C, respectivamente. Os valores médios mensais das temperaturas máxima, mínima e média, de umidade relativa (UR) e precipitação pluvial durante o período de condução do experimento, registrados pela estação climatológica da UFV, são apresentados nas Figuras 1 e 2.



**Figura 1.** Valores médios mensais das temperaturas máximas, mínimas e médias registrados durante o período de condução do experimento. Dados registrados pela estação meteorológica do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa.



**Figura 2.** Valores médios mensais de umidade relativa do ar e de precipitação pluvial registrados durante o período de condução do experimento. Dados registrados pela estação meteorológica do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa.

O solo da área de cultivo é caracterizado como Argissolo Vermelho-Amarelo Cambissólico, conforme Embrapa (2013), intensivamente cultivado, cuja amostragem realizada na camada de 0-20 cm indicou os seguintes resultados:  $\text{pH}_{(\text{água})} = 6,4$ ;  $\text{P} = 113,8$  e  $\text{K} = 440 \text{ mg dm}^{-3}$ ;  $\text{Ca}^{2+} = 5,0$ ;  $\text{Mg}^{2+} = 1,2$  e  $\text{Al}^{3+} = 0,00$ ,  $(\text{H}+\text{Al}) = 3,30$ ;  $\text{SB} = 7,3$ ;  $\text{CTC}_{(\text{t})} = 7,3$  e  $\text{CTC}_{(\text{T})} = 10,6 \text{ cmol}_c\text{dm}^{-3}$ ;  $\text{V} = 69 \%$ ;  $\text{M.O} = 5,0 \text{ dag kg}^{-1}$  e  $\text{P-rem} = 34,0 \text{ mg L}^{-1}$ ;  $\text{B} = 0,7$ ;  $\text{Fe} = 188$ ;  $\text{Mn} = 104,4$ ;  $\text{Zn} = 12$  e  $\text{Cu} = 3,5 \text{ mg dm}^{-3}$ . As análises químicas foram realizadas conforme metodologia descrita por Embrapa (2009).

A área experimental havia sido cultivada anteriormente com milho. O preparo do solo para o cultivo da araruta foi realizado com a seguinte sequência de operações: dessecação da vegetação espontânea, aração e uma gradagem leve às vésperas do plantio. Não foi realizada calagem na área experimental em razão do pH estar numa faixa considerada boa para as hortaliças em geral. Em razão da ausência de informação sobre a necessidade de nutrientes para a cultura, optou-se pela aplicação, no sulco de plantio, de  $1.000 \text{ kg ha}^{-1}$  do fertilizante Superfosfato Simples, formulado com 18% de  $\text{P}_2\text{O}_5$ , 18-20% de Cálcio (Ca) e 10% de enxofre (S). Não foi realizada nenhuma adubação de cobertura.

Como material de propagação, foram selecionados rizomas de tamanho uniforme com peso e comprimento médios de 10 g e 16 cm, respectivamente, das

variedades ‘Viçosa’ e ‘Seta’, obtidos do Banco de Germoplasma de Hortaliças da Universidade Federal de Viçosa (BGH/UFV). O plantio foi feito manualmente em 23 de setembro de 2016. Os rizomas-semente foram distribuídos em sulcos abertos à profundidade de cerca de 0,12 m, utilizando o espaçamento de 1,0 m entre linhas e 0,30 m entre os rizomas-semente, atingindo a população de 33.333 plantas ha<sup>-1</sup>.

Durante o cultivo, na ausência de chuvas, foram realizadas irrigações semanais, por aspersão convencional, aplicando-se lâmina d’água de cerca de 40 mm.

## **2.2 Delineamento experimental**

O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos pelas épocas de coleta das plantas (nove). A unidade experimental (plantas coletadas) foi constituída de cinco plantas/parcela nas três coletas iniciais, e de duas plantas/parcela nas coletas posteriores.

## **2.3 Coleta de plantas e preparo das amostras**

As coletas de plantas tiveram início aos 105 dias após o plantio (DAP). Foram realizadas a cada 30 dias, ou seja, aos 105, 135, 165, 195, 225, 255, 285, 315 e 345 DAP sempre na parte da manhã. O acúmulo de massa de matéria seca (MMS) e macronutrientes nos rizomas-semente e rizomas começaram a ser avaliados aos 135 DAP, na parte aérea e raízes a avaliação dessas características iniciou aos 105 DAP. Nas avaliações foram colhidas plantas competitivas, representativas da variedade, dentro da unidade experimental.

Depois de removidas do campo, as plantas foram levadas ao Laboratório de Campo da Horta do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, campus Viçosa e lavadas em água de torneira. Em seguida, foram separadas em rizoma-semente, raízes, parte aérea (pecíolo + folhas) e rizomas, e imediatamente pesados. Após pesagem, foram retiradas amostras que também foram pesadas e acondicionados em sacos de papel e submetidas à secagem em estufa com circulação forçada de ar a 65 °C até atingir peso constante, o que durou, em média, 96 h. Após a secagem, as amostras foram novamente pesadas para obtenção do teor de massa de matéria seca. Os respectivos órgãos foram moídos em moinho tipo Willey com peneira de 20 mesh (0,841 mm) e as amostras armazenadas para posterior análise da composição de macronutrientes.

## **2.4 Avaliações**

### **2.4.1 Acúmulo de massa de matéria seca e taxa de crescimento absoluto**

O acúmulo de massa de matéria seca (MMS) foi determinado em cada órgão da planta (rizoma-semente, raízes, parte aérea e rizomas), em todas as coletas.

A Taxa de Crescimento Absoluto (TCA), em  $\text{g d}^{-1}$ , foi obtida pela fórmula  $TCA = (W_2 - W_1) / (T_2 - T_1)$ , em que  $W_2$  = massa seca total na época atual (g);  $W_1$  é a massa seca total época anterior (g);  $t_2 - t_1$  é o intervalo de tempo entre duas coletas (30 dias), (Benincasa, 2004).

### **2.4.2 Produtividade de rizomas e estimativa de produtividade de amido**

A produção de rizomas foi calculada multiplicando a massa de matéria fresca dos rizomas de cada planta pela população de plantas  $\text{ha}^{-1}$ . A estimativa da produtividade de amido foi realizada multiplicando a produtividade de rizomas pelo teor médio de amido em rizomas de araruta reportado por Vieira et al. (2015), em cultivo realizado nas mesmas condições locais em que este estudo foi conduzido.

### **2.4.3 Teor e acúmulo de nutrientes**

Para as análises dos teores de nutrientes, a massa de matéria seca (MMS) de cada órgão foi mineralizada por digestão nítrico-perclórica (Tedesco et al., 1985) e nos extratos foram determinados: teor de P por colorimetria pelo método da vitamina C (Braga & Defelipo, 1974), teor de K por fotometria de emissão de chama; teor de S por turbidimetria; e teor de Ca e Mg por espectrofotometria de absorção atômica. Para determinação dos teores de N total os tecidos vegetais foram submetidos à digestão sulfúrica pelo método de Kjeldahl (Malavolta et al., 1997). De posse desses resultados, foram estimadas as quantidades de nutrientes acumuladas em cada parte da planta, em cada época, multiplicando o teor de cada nutriente pela MMS do referido órgão.

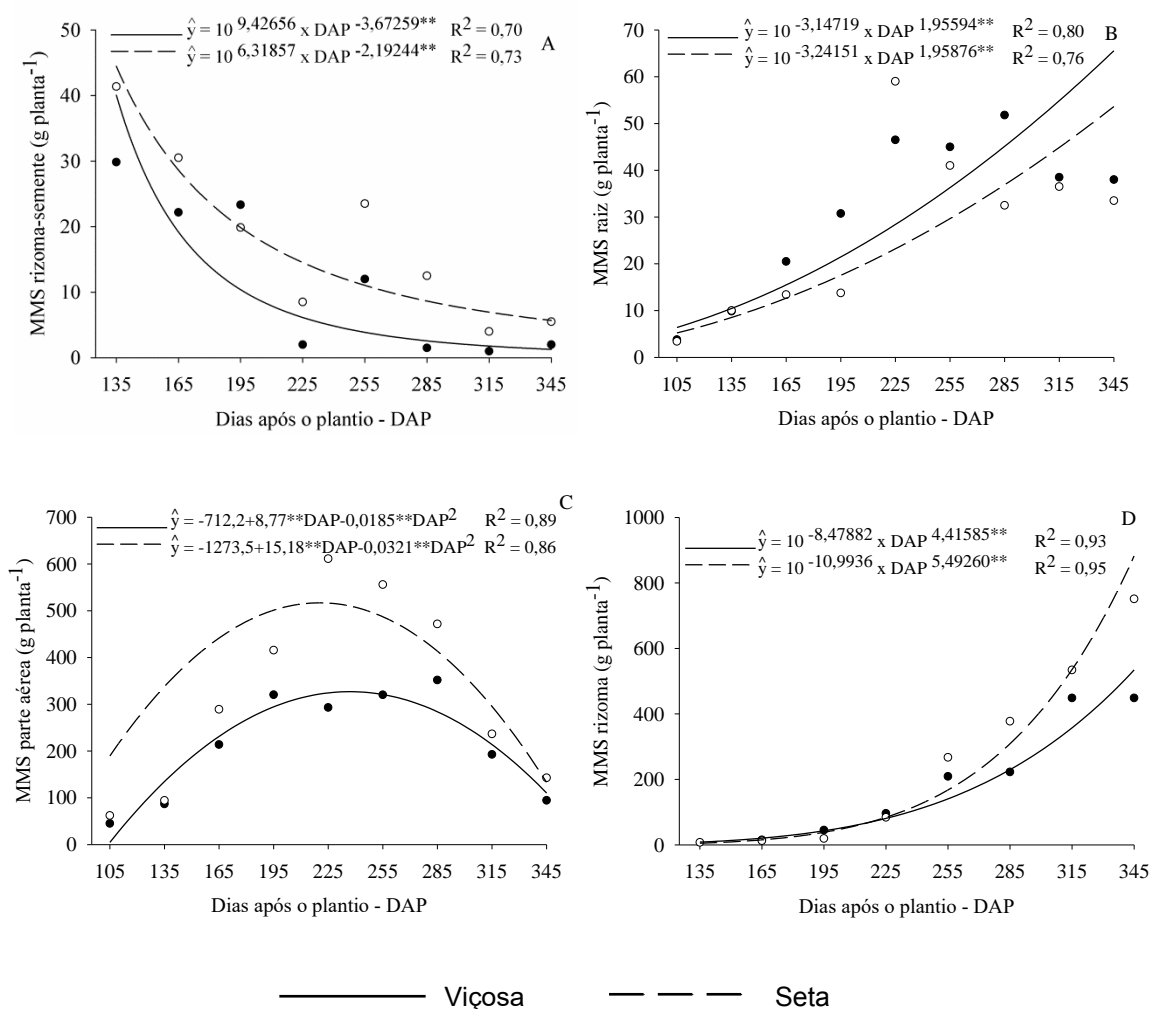
## **2.5 Análise estatística**

Os dados obtidos de massa de matéria seca e de acúmulo de macronutrientes nos órgãos das plantas foram submetidos à análise de variância de regressão com escolha das equações com base na significância dos coeficientes de regressão utilizando-se o teste “t” adotando-se o nível de 1% de probabilidade, no coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e no significado biológico. . Quanto aos teores de nutrientes, foram apresentados apenas os valores médios encontrados nos órgãos nas respectivas avaliações.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Acúmulo de Massa de Matéria Seca (MMS) e Taxa de Crescimento Absoluto (TCA)

Na fase inicial do ciclo, as plantas das duas variedades de araruta utilizaram as reservas contidas nos rizomas-semente para seu crescimento, o que pode ser evidenciado pela redução da quantidade de MMS contidas neste órgão ao longo do ciclo (Figura 3A).



**Figura 3.** Massa de matéria seca em rizomas-semente (A), raízes (B), parte aérea (C) e rizomas (D) das variedades de araruta Viçosa e Seta ao longo do ciclo de cultivo. \*\*significativo a 1% de probabilidade pelo teste 't'.

Maiores quantidades de MMS nos rizomas-semente foram observadas na 1ª avaliação (aos 135 DAP), com valores estimados de 40,0 e 44,5 g/planta para 'Viçosa' e 'Seta', respectivamente, sendo que a 'Viçosa' consumiu mais MMS que a 'Seta' ao

longo do ciclo. Resultados semelhantes quanto ao consumo de massa na estrutura propagativa foram reportados em tubérculos-semente de batata, nas cultivares Mondial, Markies e Atlantic, com médias de 31 g, 28 g e 36 g, respectivamente (Fernandes, 2010).

Os acúmulos de MMS nas raízes ocorreram de forma potencial crescente para ambas variedades, com maiores valores acumulados estimados de 65,5 e 53,3 g/planta para ‘Viçosa’ e ‘Seta’, respectivamente, aos 345 DAP, sendo que a variedade Seta acumulou menos MMS nas raízes que a ‘Viçosa’ (Figura 3B). A TCA máxima de raiz foi de 0,52 e 1,5 g dia<sup>-1</sup> para as variedades Viçosa e Seta, respectivamente, e ocorreram aos 225 DAP demonstrando que esta é uma época crítica durante o ciclo de cultivo e que se deve fornecer todas as condições necessárias para o crescimento das plantas até essa época, tais como nutrientes e água, para se obter o máximo produtivo. Em plantas de taro (*Colocasia esculenta*) cultivadas sob níveis de sombreamento artificial o máximo acúmulo de massa de matéria seca nas raízes ocorreu aos 120 dias após plantio (Oliveira et al., 2011). Esses resultados sugerem que a formação de raízes de araruta é mais demorada quando comparada com as plantas de taro. Dessa forma, é possível que a eficiência de absorção de nutrientes pelas raízes da araruta, especialmente P, seja menor, sugerindo que o nível crítico de nutrientes no solo para a cultura da araruta deverá ser maior.

O acúmulo de MMS na parte aérea apresentou comportamento quadrático para ambas variedades (Figura 3C). O acúmulo máximo estimado de 325,84 g/planta na ‘Viçosa’ ocorreu aos 236 DAP; na ‘Seta’, o acúmulo máximo estimado da MMS na parte aérea de 516,00 g/planta ocorreu aos 235 DAP (Figura 3C). O declínio no acúmulo de MMS na parte aérea a partir dessas épocas indica a translocação de compostos de reserva, principalmente carboidratos, para os rizomas. A variedade ‘Viçosa’ apresentou maior TCA (4,23 g dia<sup>-1</sup>) aos 165 DAP, enquanto na ‘Seta’ a maior TCA (6,52 g dia<sup>-1</sup>) ocorreu aos 225 DAP. Estes resultados demonstram que a araruta ‘Viçosa’ é mais eficiente que a ‘Seta’ em termos de acumulação de MMS na parte aérea. Entretanto, a ‘Seta’ apresentou maior acúmulo de MMS na parte aérea que a ‘Viçosa’ demonstrando maior vigor de parte aérea, o que pode ser atribuído à emissão de hastes florais em grande quantidade, o que não acontece com a ‘Viçosa’.

A MMS acumulada pelos rizomas foi potencialmente crescente para ambas as variedades (Figura 3D). Até aos 225 DAP o acúmulo de MMS nos rizomas de ambas

variedades teve crescimento muito semelhante; entretanto, a partir dos 225 DAP, a variedade Seta passou a apresentar maior acúmulo de MMS.

Os maiores acúmulos de MMS nos rizomas foram de 534 e 882 g/planta nas variedades Viçosa e Seta, respectivamente, alcançados aos 345 DAP (Figura 3D). Observando-se os gráficos da Figura 3C e 3D, pode-se verificar que o acúmulo de MMS de rizomas se acentua na medida em que o acúmulo de MMS de parte aérea vai diminuindo evidenciando a translocação de reservas, principalmente de carboidratos, da parte aérea para os rizomas, além da perda das folhas mais velhas. Os resultados indicam ainda que os rizomas foram formados após os 105 DAP. A maior TCA dos rizomas de 7,23 g dia<sup>-1</sup> ocorreu aos 345 DAP na variedade Seta; na variedade Viçosa, a maior TCA ocorreu aos 315 DAP com máxima de 7,54 g dia<sup>-1</sup>.

Esses resultados demonstram que a partir dos 225 DAP, os rizomas de araruta se tornam os drenos principais de carboidratos e nutrientes móveis na planta, assim como relatado para batateira (Westermann, 1993); evidenciam também que a ‘Seta’ é mais produtiva que a ‘Viçosa’ sendo mais eficiente em translocar material de reserva para os rizomas, haja vista o maior acúmulo de MMS na parte aérea.

### 3.2 Estimativa da produtividade de rizomas e de amido nos rizomas

A produtividade estimada de rizomas aos 345 DAP (última avaliação), em massa de matéria fresca (MMF) e seca (MMS) e de amido da variedade Seta foi, respectivamente, cerca de 8% e 16% superior ao da variedade Viçosa (Tabela 1). Conforme comentado no item anterior, as plantas da variedade Seta produziram mais massa de matéria seca de parte aérea e também redistribuiu esses carboidratos para os rizomas.

**Tabela 1.** Produção de rizomas, em massa de matéria fresca (MMF) e em massa de matéria seca (MMS), e estimativa da produção de amido em rizomas das variedades de araruta Viçosa e Seta na última colheita realizada aos 345 dias após o plantio

Variedades	Produtividade de rizomas e de amido			
	MMF g planta <sup>-1</sup>	MMF t ha <sup>-1</sup>	MMS t ha <sup>-1</sup>	Amido t ha <sup>-1</sup>
Viçosa	1.486	49,5	14,7	2,5
Seta	1.605	53,5	17,4	3,0

As produtividades de rizomas de ambas variedades foram elevadas comparado a dados de literatura. Vieira et al., (2015), em trabalho de consórcio da araruta ‘Viçosa’ com *Crotalaria juncea* nas mesmas condições de solo e clima encontraram produtividade máxima de rizomas de 19,5 t ha<sup>-1</sup>. Em sistema solteiro e consorciado da araruta comum com as culturas de alface e cenoura, Heredia Zárate et al., (2007) encontraram produtividade média de 20,6 t ha<sup>-1</sup> de rizomas. A boa fertilidade de solo, associado à adubação de plantio e a irrigação durante o cultivo podem ter contribuído de forma positiva para os resultados aqui encontrados.

Em araruta o teor de amido em rizomas pode variar com o ciclo cultural de 18,8 a 23,8% em rizomas colhidos de plantas com 12 e 14 meses de ciclo, respectivamente (Ferrari et al., 2005). Leonel & Cereda (2002) encontraram teor de amido de 24,23% em base úmida, com rendimento de 15 e de 3,6 t ha<sup>-1</sup> de rizomas e de amido, respectivamente. Vieira et al., (2015) encontraram teor de amido variando de 16,2 a 17,8% e as quantidades de amido produzidas variaram de 2,07 a 3,46 t ha<sup>-1</sup>.

Neste trabalho, estimou-se a produtividade de amido com base no teor médio de 17% de amido relatado por Vieira et al. (2015) com a variedade Viçosa. Considerando-se esse teor médio (17%) de amido nos rizomas, as quantidades estimadas de amido seriam de 2,5 e 3,0 t ha<sup>-1</sup>, para as variedades Viçosa e Seta, respectivamente (Tabela 1). Portanto, os resultados aqui estimados para produtividade de amido nas duas variedades, podem ser considerado dentro da faixa esperada.

### **3.3 Absorção e distribuição de macronutrientes nos órgãos da araruta**

#### **3.3.1 Nitrogênio Orgânico**

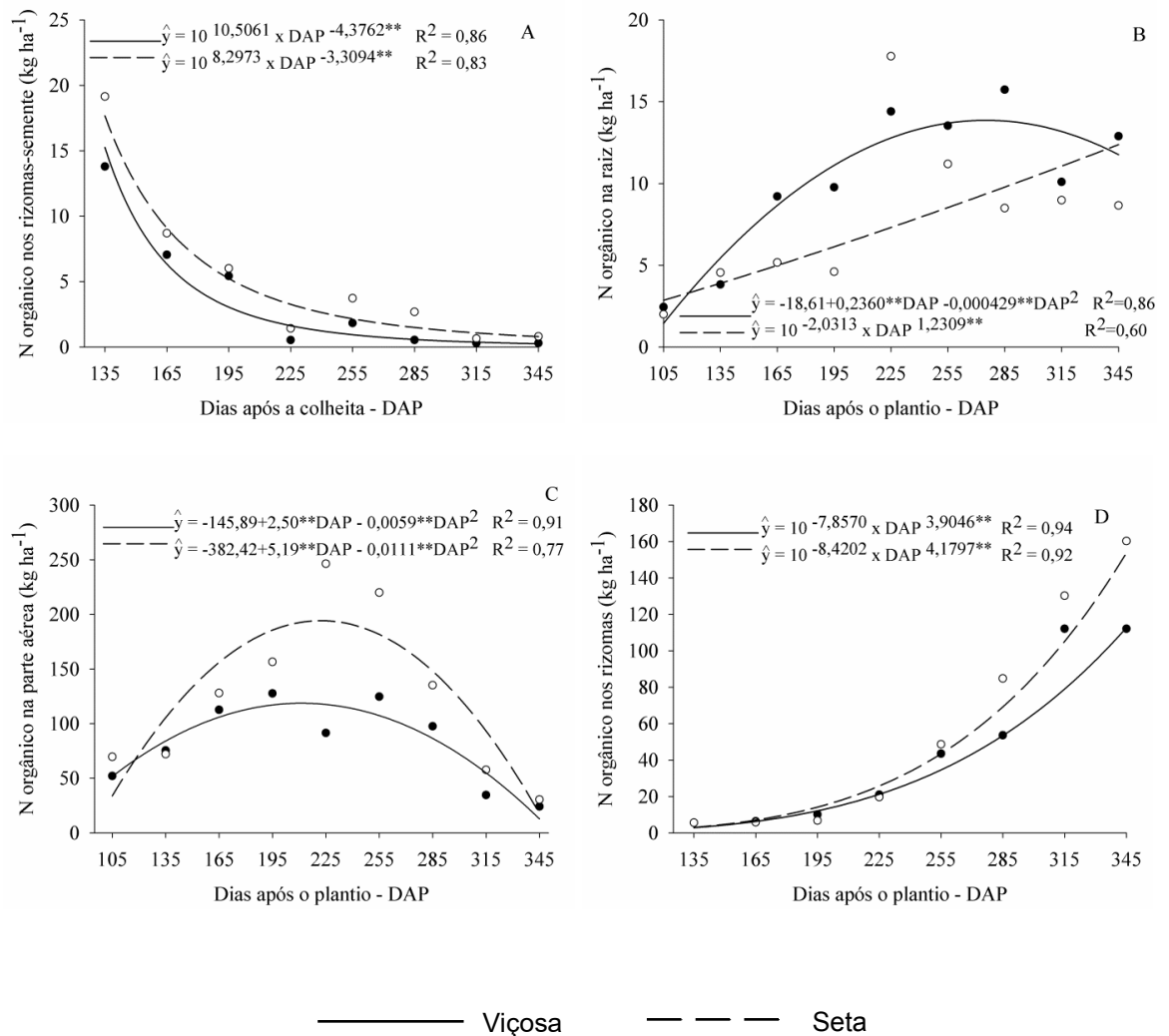
Os maiores teores de nitrogênio orgânico em ambas as variedades, ocorreram na seguinte ordem: parte aérea, raízes, rizomas e rizomas-semente (Tabela 2). Os maiores teores de N-orgânico foram observados em todos os órgãos na primeira coleta aos 135 DAP. A redução no teor de N-orgânico nos rizomas-semente ocorreu principalmente devido à remobilização desse nutriente para as regiões de crescimento, enquanto, nos demais órgãos das plantas essa redução ocorreu em função da diluição, já que houve crescimento rápido das plantas com aumento de MMS, como relatado para batateira (Fernandes, 2010). Esta redução no teor dos nutrientes indica também que a exportação de nutrientes foi proporcionalmente maior que a perda de MMS devido à exportação de

compostos de carbono ou respiração. Demonstra também a grande importância do maior tamanho e maior quantidade de nutrientes presentes no rizoma-semente para maior taxa de crescimento na fase de implantação da cultura.

**Tabela 2.** Teores médios de nitrogênio orgânico nos órgãos de plantas de araruta, variedades Viçosa e Seta, ao longo do ciclo de cultivo

Variedades	Dias após o plantio								
	105	135	165	195	225	255	285	315	345
	g kg <sup>-1</sup>								
	Rizomas-semente								
Viçosa	–	13,87	9,54	6,98	7,98	4,58	10,73	8,83	4,55
Seta	–	13,89	8,55	9,08	5,02	4,76	6,44	4,84	4,41
	Raízes								
Viçosa	19,41	11,64	13,48	9,53	9,29	9,02	9,12	7,87	10,18
Seta	17,63	13,66	11,56	10,04	9,04	8,19	7,84	7,38	7,75
	Parte aérea								
Viçosa	34,61	26,09	15,80	11,96	11,68	9,36	8,33	5,40	7,66
Seta	33,59	22,93	13,28	11,30	12,09	11,87	8,60	7,32	6,41
	Rizomas								
Viçosa	–	–	12,80	6,74	6,57	6,25	7,23	7,49	6,95
Seta	–	22,60	13,95	10,55	7,04	5,46	6,74	7,32	6,40

Nos rizomas-semente a quantidade de N-orgânico diminuiu com o decorrer do ciclo de desenvolvimento das plantas com resposta semelhante entre as variedades. Exceto para N-orgânico na raiz, o comportamento nos demais órgãos acompanhou o comportamento de MMS (Figura 3).



**Figura 4.** Quantidade de N-orgânico acumulada nos rizomas-semente (A), raízes (B), parte aérea (C) e rizomas (D) das variedades de araruta Viçosa e Seta ao longo do ciclo de cultivo. \*\* significativo a 1% de probabilidade pelo teste ‘t’.

Na primeira avaliação (135 DAP), as variedades Viçosa e Seta apresentaram quantidades de N-orgânico nos rizomas-semente de 15,25 e 17,66 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, chegando praticamente à zero no final do ciclo (Figura 4A). As diminuições nas quantidades de N-orgânico dos rizomas-semente durante o crescimento das plantas são explicadas em grande parte pela redução da MMS dos mesmos, bem como, pela remobilização e translocação do N-orgânico dos rizomas-semente para os órgãos das plantas em crescimento, uma vez que esse elemento é passível de redistribuição entre os órgãos nas plantas (Marschner, 2012).

O N-orgânico acumulado nas raízes ajustou-se de forma quadrática na variedade Viçosa e potencial na variedade Seta, com valor máximo estimado de 13,85 kg ha<sup>-1</sup> aos

255 DAP, e maior valor de 12,40 kg ha<sup>-1</sup> encontrados aos 345 DAP, respectivamente, para ‘Viçosa’ e ‘Seta’ (Figura 4B). No final do ciclo, as diminuições das quantidades de N-orgânico acumuladas nas raízes da araruta ‘Viçosa’, estão relacionadas principalmente com a remobilização desse elemento para outras partes da planta ou redução na absorção ou morte de raízes. Cabalceta et al., (2005) e Fernandes et al., (2011) também verificaram redução da MMS radicular e do acúmulo de nitrogênio em raízes de batateira na fase final do ciclo da cultura.

O acúmulo de N-orgânico na parte aérea de ambas variedades apresentou comportamento quadrático (Figura 4C). Na variedade Viçosa, o máximo estimado de 118,72 kg ha<sup>-1</sup> ocorreu aos 211 DAP; na Seta, o máximo estimado de 221,0 kg ha<sup>-1</sup> foi alcançado aos 232 DAP. Esse comportamento é semelhante ao observado com a MMS de parte aérea (Figura 3C). A senescência da parte aérea da planta, associada com a dobra das folhas constatada pela redução da MMS da parte aérea, além da translocação do N-orgânico da parte aérea (folhas + pecíolos) para os rizomas, explica as reduções nas quantidades de N-orgânico acumuladas na parte aérea de ambas as variedades na fase final do ciclo de cultivo.

Nos rizomas, o acúmulo de N-orgânico ajustou-se ao modelo potencial, para ambas variedades. Os maiores valores estimados de 112,75 e 153,8 kg ha<sup>-1</sup> foram alcançados aos 345 DAP, respectivamente, pelas variedades Viçosa e Seta (Figura 4D).

O maior acúmulo de N-orgânico observado nos rizomas da variedade Seta em comparação a ‘Viçosa’ pode ser explicado pelo maior acúmulo de MMS nos rizomas dessa variedade (Figura 3D), uma vez que, não foram observadas grandes variações entre as variedades quanto ao teor de N nos rizomas.

### **3.3.2 Nitrogênio – Nitrato**

Nas duas variedades de araruta, os maiores teores de nitrato foram observados na parte aérea das plantas (Tabela 3). Pequenos teores de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> nos rizomas até 165 DAP refletem a absorção por raízes absorventes e passando pelo rizoma com menor capacidade de redução e assimilação.

**Tabela 3.** Teores médios de nitrato nos órgãos de plantas de araruta nas variedades Viçosa e Seta ao longo do ciclo de cultivo

Variedades	Dias após o plantio								
	105	135	165	195	225	255	285	315	345
	g kg <sup>-1</sup>								
	Rizomas-semente								
Viçosa	–	2,36	1,17	0,0	0,0	0,45	0,0	0,0	0,50
Seta	–	4,81	1,51	1,64	0,0	0,0	0,02	0,21	0,99
	Raízes								
Viçosa	3,11	0,0	0,0	0,0	0,56	0,0	0,0	0,0	0,0
Seta	6,58	1,75	0,43	0,12	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Parte aérea								
Viçosa	10,15	0,18	0,30	0,21	0,80	0,55	0,65	1,39	0,90
Seta	9,00	4,21	0,80	1,20	1,45	0,68	0,85	1,04	1,45
	Rizomas								
Viçosa	–	–	2,40	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Seta	–	10,02	4,56	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

A partir de 195 DAP teores igual a zero nos rizomas indicam não absorção do NO<sub>3</sub><sup>-</sup> pelas raízes ou redução total do nitrato absorvido. Aumento nos teores de nitrato na parte aérea após 225 dias reflete efeito da concentração devido à perda de MMS da parte aérea das folhas e a não retranslocação, visto que o NO<sub>3</sub><sup>-</sup> não é retranslocado via floema, somente N-orgânico é translocado (Marschner, 2012). Entretanto, os responsáveis pela absorção preferencial e acúmulo de formas nitrogenadas pelas plantas são fatores intrínsecos às espécies vegetais, como processo fotossintético, estágio de crescimento e partição na formação de biomassa (Lane & Bassirirad, 2002).

O acúmulo de nitrato nos diferentes órgãos das plantas de ambas variedades não foi influenciado pelos dias após o plantio. Na Tabela 4 são apresentados os valores médios de acúmulo de N-nítrico nas variedades Viçosa e Seta.

**Tabela 4.** Valores médios de N-nitrato acumulado nos órgãos das plantas de araruta variedades Viçosa e Seta durante o ciclo de cultivo

Variedades	Acúmulo de Nitrato (kg ha <sup>-1</sup> )			
	Rizoma-semente	Raízes	Parte aérea	Rizomas
Viçosa	Ŷ = 0,4273	Ŷ = 0,0436	Ŷ = 5,9122	Ŷ = 0,1714
Seta	Ŷ = 1,1837	Ŷ = 0,1754	Ŷ = 14,0753	Ŷ = 0,5518

O N está presente no solo em diversas formas, incluindo amônio ( $\text{NH}_4^+$ ), nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), aminoácidos, peptídeos solúveis e formas complexas insolúveis (Williams & Miller, 2001). As espécies de plantas diferem na sua preferência por fontes de N, absorvendo-o primariamente em formas inorgânicas, como  $\text{NO}_3^-$  e  $\text{NH}_4^+$ , via sistema radicular (Williams & Miller, 2001). A absorção das formas amoniacais e nítricas provoca diferentes efeitos no crescimento, vigor, produção de biomassa e reprodução da planta (Lane & Bassirirad, 2002).

A assimilação de nitrato é um processo altamente exigente, em termos de energia, requerendo a transferência de dois elétrons por molécula de  $\text{NO}_3^-$  convertido em  $\text{NO}_2^-$  e mais seis elétrons por molécula de  $\text{NO}_2^-$  convertido em  $\text{NH}_4^+$  e, por outro lado, dois elétrons e uma molécula de ATP por molécula de  $\text{NH}_4^+$  convertida em glutamato (Malavolta, 1980). Assim, a assimilação do  $\text{NO}_3^-$  demanda mais energia, em comparação ao  $\text{NH}_4^+$  (Bredemeier & Mundstock, 2000).

A ausência de nitrato nos rizomas a partir de 195 DAP até o final do ciclo (Tabela 3) demonstra a qualidade biológica dos rizomas, pois a absorção de nitrogênio como amônio é mais vantajosa para a planta, além disso esse resultado indica baixa possibilidade de concentrar N- $\text{NO}_3^-$  em rizomas de araruta, assim como relatado em tubérculos de batata (Braun et al., 2011).

Este resultado é importante para o consumidor, pois quando em alta concentração no organismo humano, o N- $\text{NO}_2^-$  produzido pela redução do N- $\text{NO}_3^-$  ao chegar à corrente sanguínea, oxida o ferro da hemoglobina, produzindo a metahemoglobina. Este composto, reagindo com aminas e amidas podem formar nitrosaminas, compostos potencialmente cancerígenos, que levam ao impedimento do transporte do oxigênio dos alvéolos pulmonares para os tecidos, o que pode causar a morte (Boink e Speijers, 2001).

### **3.3.3 Nitrogênio Total (NT)**

De forma similar ao observado no N-orgânico, os maiores teores de NT, em ambas as variedades, ocorreu na seguinte ordem: parte aérea, raízes, rizomas e rizomas-semente (Tabela 5). Os maiores teores de NT foram observados na primeira coleta das plantas para todos os órgãos avaliados, com redução ao longo das avaliações. Esta redução é explicada, além da remobilização desse nutriente para regiões de crescimento

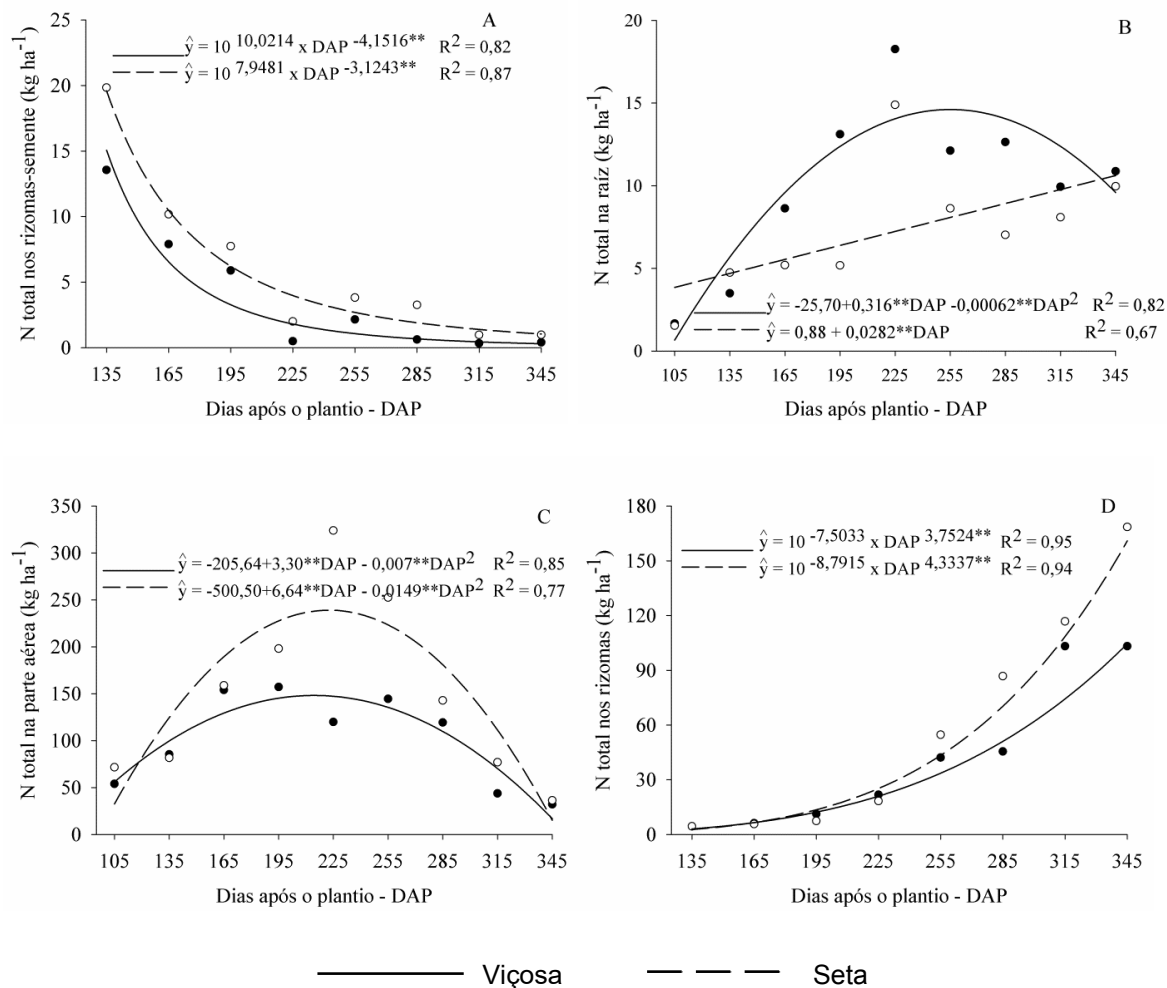
das plantas, também em função da diluição e devido à redução de MMS, a exemplo do que ocorreu com N-orgânico.

Os teores de N são mais baixos que os críticos para a maioria das plantas, indicando baixa exigência de N das plantas de araruta.

**Tabela 5.** Teores médios de nitrogênio total nos órgãos de plantas de araruta, variedades Viçosa e Seta, ao longo do ciclo de cultivo

Variedades	Dias após o plantio									
	105	135	165	195	225	255	285	315	345	
	g kg <sup>-1</sup>									
	Rizomas-semente									
Viçosa	–	13,63	10,68	7,57	7,49	5,38	12,54	10,00	6,06	
Seta	–	14,39	10,01	11,69	7,07	4,88	7,82	7,32	5,38	
	Raízes									
Viçosa	13,12	10,60	12,62	12,79	11,78	8,08	7,32	7,74	8,58	
Seta	13,46	14,22	11,61	11,27	7,57	6,31	6,48	6,65	8,92	
	Parte aérea									
Viçosa	35,84	29,53	21,62	14,72	12,28	13,55	10,18	6,81	10,18	
Seta	34,58	26,00	16,49	14,30	15,90	13,63	9,09	9,76	7,66	
	Rizomas									
Viçosa	–	–	12,45	7,49	6,81	6,06	6,14	6,90	6,90	
Seta	–	18,09	13,71	11,53	6,56	6,14	6,90	6,56	6,73	

Em razão dos baixos valores de N-nítrico, o acúmulo de NT (Figura 5), seguiu o comportamento observado para N-orgânico. A quantidade do NT presente nos rizomas-semente diminuiu com o decorrer do ciclo de desenvolvimento das plantas, com maiores valores estimados de 15,0 e 19,60 kg ha<sup>-1</sup>, observados aos 135 DAP, respectivamente, para as variedades Viçosa e Seta (Figura 5A). A maior redução da quantidade do N-orgânico dos rizomas-semente da variedade Viçosa, proporcionou menores quantidades de NT nos rizomas-semente dessa variedade em comparação à ‘Seta’. Essa diminuição nas quantidades de N dos rizomas-semente durante o crescimento das plantas está associada à redução da MMS e pela remobilização e translocação do N dos rizomas-semente para os órgãos das plantas em crescimento.



**Figura 5.** Quantidade de N total nos rizomas-semente (A), raízes (B), parte aérea (C) e rizomas (D) de variedades de araruta ao longo do ciclo de cultivo. \*\* significativo a 1% de probabilidade pelo teste ‘t’.

A translocação de nutrientes é um mecanismo que garante melhor vigor do sistema radicular (Trivelin et al., 2002); assim, esse mecanismo gera condições para as plantas emitirem novas raízes, proporcionando assim exploração de maior volume de solo, aumentando o potencial de absorção e acúmulo de nitrogênio do solo (Franco et al., 2007). Dessa forma, a quantidade de reserva presente no rizoma-semente (propágulo) é importante fator relacionado ao crescimento e produção da araruta (Heredia Zárata & Vieira, 2005).

Nas raízes, os acúmulos de NT ajustaram-se aos modelos quadráticos e linear para as variedades Viçosa e Seta, respectivamente (Figura 5B). Na variedade Viçosa o máximo acúmulo estimado foi de 14,61 kg ha<sup>-1</sup> observado aos 255 DAP. Na ‘Seta’ o

acúmulo ocorreu até o fim do ciclo de cultivo com maior valor estimado de 10,60 kg ha<sup>-1</sup> na última avaliação (Figura 5B).

A redução do acúmulo de NT nas raízes da variedade Viçosa pode estar relacionado, à redução de nitrogênio no solo, visto que não foram realizadas adubações ao longo do ciclo, além disso, essa redução também pode está associada com a morte de raízes e conseqüente diminuição da MMS do sistema radicular, como relatado em diferentes variedades de batateira (Fernades, 2011).

O acúmulo de NT na parte aérea ajustou-se ao modelo quadrático, para ambas variedades (Figura 5C). Na variedade Viçosa o máximo estimado de 148,24 kg ha<sup>-1</sup> ocorreu aos 214 DAP; na ‘Seta’ o acúmulo máximo estimado de 239,0 kg ha<sup>-1</sup> ocorreu aos 222 DAP (Figura 5C). A diminuição das quantidades acumulados de NT na parte aérea é explicado pelo aumento acentuado de NT nos rizomas no mesmo período (Figura 5D), sugerindo que ocorreu translocação do elemento para os rizomas, ou seja, esse órgão se torna o dreno preferencial a partir dessas épocas.

O acúmulo de NT nos rizomas ajustou-se ao modelo potencial (Figura 5D), com máximos estimados aos 345 DAP de 160,63 e de 104,60 kg ha<sup>-1</sup> observado nos rizomas da ‘Seta’ e ‘Viçosa’, respectivamente. O maior acúmulo na variedade Seta é resultado do maior acúmulo de MMS nos rizomas dessa variedade (Figura 3D), uma vez que, não foram observadas grandes variações entre as variedades quanto ao teor de N nos rizomas. Isto retrata grande capacidade de extração de N pelas variedades de araruta. Portanto, a adubação de reposição, após a retirada da cultura, deve ser observada, especialmente a nitrogenada, em razão da quantidade extraída pela cultura e do percentual elevado que é exportado pelos rizomas. Em taro ‘Japonês’, outra hortaliça tuberosa de ciclo longo, cultivado com resíduos orgânicos a quantidade exportada de N pelos rizomas foi de 132,9 kg ha<sup>-1</sup> (Sediyama et al., 2009).

Analisando essas respostas é possível inferir que todo o N fornecido à planta de araruta deverá estar disponível até 225 dias. Assim, adubações em cobertura com este nutriente deverão ser realizadas no máximo até 165 dias, ou seja, entre 4-5 meses após o plantio, fase que corresponde ao início da formação dos rizomas, com número de aplicações antes desta idade em função das condições que determinam maior eficiência de recuperação do N.

### 3.3.4 Fósforo (P)

Os maiores teores de P, em todos os órgãos das plantas, foram observados nas avaliações iniciais, com pequena redução ao longo do ciclo dentro de cada órgão. De forma geral, os maiores teores de P foram observados na seguinte ordem: parte aérea, rizomas, rizomas-semente e raiz. Os menores teores de P sempre foram observados nas raízes. Na última avaliação o teor de P na parte aérea da variedade Viçosa foi superior aos observados nos demais órgãos das plantas, enquanto na variedade Seta o maior teor foi observado nos rizomas. Em todos os órgãos das plantas, embora com certas variações, foram observadas reduções na concentração de P no decorrer do ciclo de cultivo (Tabela 6).

Os teores de P observados na parte aérea foram superiores aos teores considerados críticos para a maioria das plantas onde se considera o valor de  $2 \text{ g kg}^{-1}$  no limbo foliar (Reuter & Robertson, 1997). Os teores de  $5\text{-}6 \text{ g kg}^{-1}$  na parte aérea indicam que os teores nos limbos foliares serão maiores ainda (Marschner, 2012). Finalmente, isto demonstra que a araruta é muito exigente em P e que deverá ter maior disponibilidade desse nutriente no solo no plantio e também nos rizomas-sementes com maior teor ou tamanho como fonte de P.

**Tabela 6.** Teores médios de P nos órgãos de plantas de araruta, variedades Viçosa e Seta, ao longo do ciclo de cultivo

Variedades	Dias após o plantio								
	105	135	165	195	225	255	285	315	345
	$\text{g kg}^{-1}$								
	Rizomas-semente								
Viçosa	–	4,1	3,1	3,6	2,7	4,1	3,7	2,8	4,1
Seta	–	3,6	3,3	3,4	2,0	2,3	2,1	2,2	1,5
	Raízes								
Viçosa	1,9	2,5	2,1	1,6	1,4	1,0	1,6	1,6	1,4
Seta	1,7	2,3	2,3	1,5	1,1	1,3	1,2	1,3	1,2
	Parte aérea								
Viçosa	5,8	5,0	4,3	3,8	4,5	3,8	3,5	2,4	4,2
Seta	5,0	4,6	4,5	5,0	2,7	2,3	1,6	1,8	1,7
	Rizomas								
Viçosa	–	–	3,8	2,7	3,0	3,0	2,3	3,1	3,5
Seta	–	4,7	4,1	3,5	2,5	2,4	3,0	2,4	3,0

Teores semelhantes de P aos observados neste trabalho foram relatados nas cultivares de taro Chinês e Japonês, apresentando também teores estáveis ao longo do ciclo (Puiatti et al.,1992). Os teores de P citados, para os rizomas-sementes da araruta

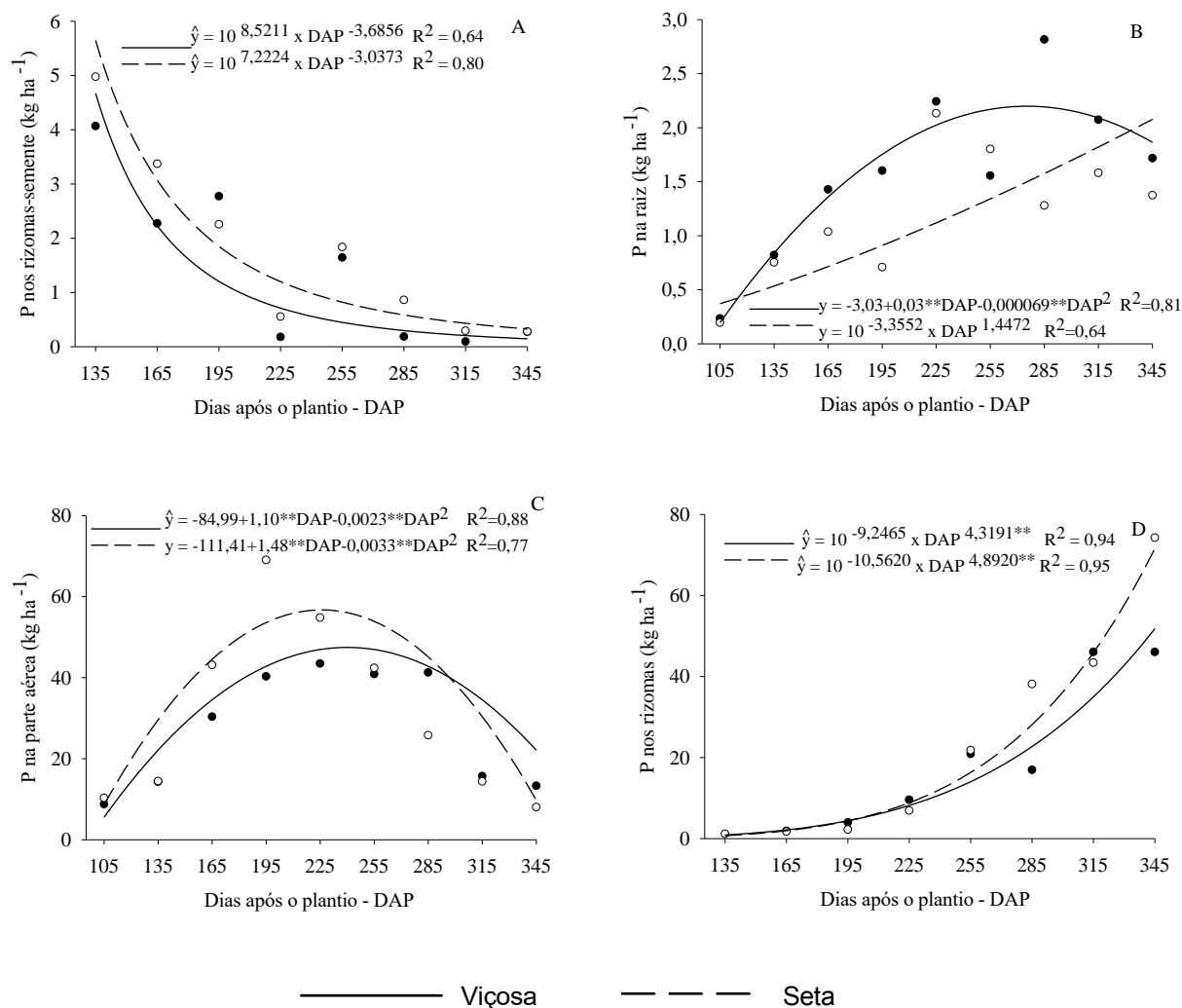
são superiores aos observados nas cultivares de batata Ágata, Asterix, Atlantic, Markies e Mondial (Fernandes, 2010).

Para ambas as variedades, houve redução do P presente nos rizomas-semente durante o ciclo (Figura 6A), com comportamento semelhante à MMS (Figura 3A). Na primeira avaliação, os maiores valores estimados de P nos rizomas-semente foram de 4,70 e 5,65 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente para as variedades Viçosa e Seta. As reduções observadas nas quantidades de P presentes nos rizomas-semente durante o ciclo são explicadas pela alta redistribuição do P pelo floema, a qual ocorre em função da degradação de macromoléculas como ácidos nucleicos e fosfolípidios, que permitem o reaproveitamento do P para o crescimento da planta (Marschner, 2012).

Nas raízes, houve resposta quadrática para acúmulo de P na variedade Viçosa e potencial na ‘Seta’(Figura 6B). A ‘Seta’ apresentou acúmulo inicial de P mais lento, seguido de aumento até os 345 DAP, quando alcançou o maior acúmulo estimado, 2 kg ha<sup>-1</sup>. A variedade Viçosa, teve aumento inicial mais rápido, alcançando acúmulo máximo estimado de 2,2 kg ha<sup>-1</sup> aos 275 DAP, seguido de queda até o final do ciclo de cultivo, possivelmente em razão da translocação para outros órgãos da planta, além da diminuição do teor de MMS.

Os acúmulos de P na parte aérea se ajustaram ao modelo quadrático. Na variedade Viçosa esses foram menores e mais tardios, atingindo acúmulo máximo estimado de 47,47 kg ha<sup>-1</sup> aos 239 DAP. A variedade Seta apresentou maior acúmulo de P na parte aérea, mais precoce, alcançando o máximo acúmulo estimado de 56,70 kg ha<sup>-1</sup> aos 225 DAP (Figura 6C). Esses resultados indicam que a ‘Seta’ é mais exigente e/ou mais eficiente na utilização do P quando comparada a ‘Viçosa’.

Os acúmulos de P observados nas variedades Viçosa e Seta, está relacionado ao acúmulo de MMS na parte aérea das plantas, uma vez que os teores de P nos referidos órgãos praticamente não alteraram ao longo do ciclo (Tabela 6).



**Figura 6.** Quantidade de P nos rizomas-semente (A), raízes (B), parte aérea (C) e rizomas (D) de variedades de araruta ao longo do ciclo de cultivo. \*\* significativo a 1% de probabilidade pelo teste ‘t’.

Os rizomas acumularam P ao longo do ciclo, se ajustando ao modelo potencial e atingiram os maiores acúmulos estimados de 51,80 e 71,60 kg ha<sup>-1</sup> aos 345 DAP, respectivamente, para as variedades Viçosa e Seta (Figura 6D). Em taro ‘Japonês’, a quantidade de P exportada pelos rizomas foi de 24 kg ha<sup>-1</sup> (Sediyama et al., 2009) evidenciando, que as variedades de araruta ou são mais exigentes ou mais eficientes na extração de P do solo. O maior acúmulo de P apresentado pela variedade Seta pode ser atribuído a maior quantidade de MMS de rizomas (Figura 3D), uma vez que o teor de P nos rizomas das duas variedades foi bem próximo (Tabela 6). Esses resultados confirmam os obtidos por Echer et al. (2009) e Ferreira (2017) em que o P também é

absorvido continuamente em raízes-tuberosas de batata-doce do início ao final do ciclo de cultivo.

### 3.3.5 Potássio (K)

De modo geral, ocorreu redução dos teores de potássio nos rizomas-semente, raízes e, principalmente, na parte aérea das plantas (Tabela 7). Essa resposta está associada à retranslocação de K para outros órgãos da planta, em especial, os rizomas, haja vista, o teor de K nos rizomas, praticamente se manteve inalterado após a avaliação realizada aos 195 DAP.

**Tabela 7.** Teores médios de K nos órgãos de plantas de Araruta nas variedades Viçosa e Seta ao longo do ciclo de cultivo

Variedades	Dias após o plantio								
	105	135	165	195	225	255	285	315	345
	g kg <sup>-1</sup>								
	Rizomas-semente								
Viçosa	–	44	30	25	20	19	23	16	32
Seta	–	36	31	30	17	16	21	24	31
	Raízes								
Viçosa	25	17	23	18	14	15	16	14	10
Seta	23	22	26	22	16	20	14	13	12
	Parte aérea								
Viçosa	34	33	10	6	5	10	3	5	0
Seta	33	22	13	7	3	3	5	4	2
	Rizomas								
Viçosa	–	–	42	18	25	25	19	28	27
Seta	–	51	40	25	25	16	18	25	19

Os teores de K considerados críticos estão entre 30-60 g kg<sup>-1</sup> para a maioria das culturas (Marschner, 2012). Portanto, em araruta esses valores estão bem abaixo, especialmente na parte aérea, indicando ser a espécie de baixa exigência em K. Se o teor de K, é baixo indica que outro composto tem função osmótica. Como não é o NO<sub>3</sub><sup>-</sup> pois também está presente em baixos teores, é possível que a sacarose e a glicose antes da polimerização, para formar amido, ou os aminoácidos exerçam esta função (Marschner, 2012). Além disso, é razoável inferir que a araruta é uma planta adaptável a solos mais úmidos precisando de pouco K para controlar abertura e fechamento de estômatos.

Entre os órgãos das plantas, os maiores teores de K durante todo o ciclo foram encontrados nos rizomas, enquanto que os menores teores foram observados na parte aérea (Tabela 7). Respostas inversas às relatadas foram observadas em batateira (Fernandes, 2010). Este resultado indica que o maior teor de K no rizoma significa

menor potencial hídrico do rizoma, conseqüentemente menor perda de água, o que proporcionará maior conservação pós-colheita e melhor qualidade do rizoma-semente no futuro.

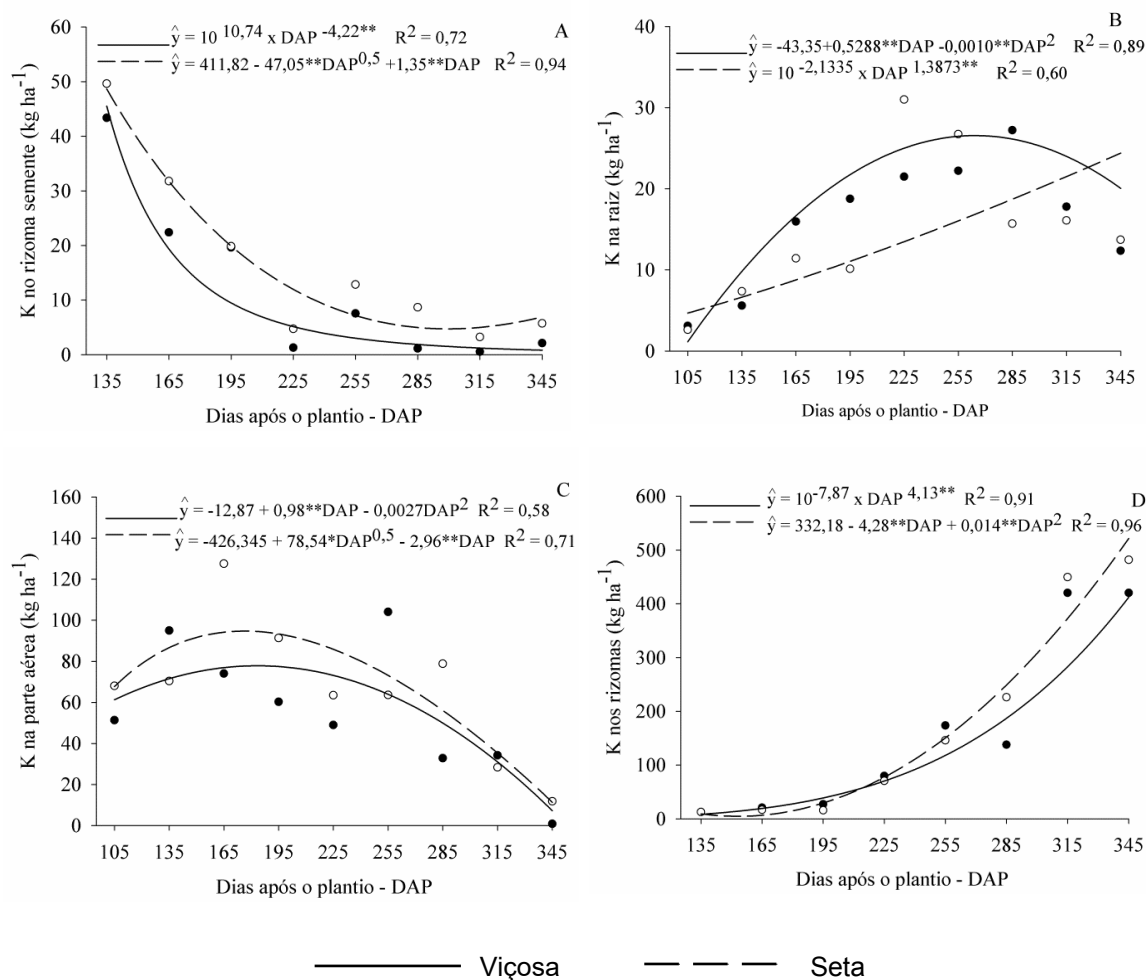
Os maiores acúmulos de K, entre os órgãos das plantas, foram observados na seguinte seqüência decrescente, rizomas, raízes, parte aérea e rizoma-semente (Figura 7). O acúmulo de K nos rizomas-semente diminuiu ao longo do ciclo nas duas variedades, com ajuste potencial para ‘Viçosa’ e raiz quadrada para ‘Seta’ (Figura 7A). O acúmulo de K nos rizomas-sementes da ‘Seta’ foi superior ao observado na variedade Viçosa. Os maiores valores estimados, aos 135 DAP, foram de 45,5 e 48,65 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, para ‘Viçosa’ e ‘Seta’ (Figura 7A).

As diferenças observadas entre as variedades quanto às quantidades de K presente nos rizomas-semente está relacionado, principalmente, com as quantidades de MMS contidas no órgão (Figura 3A), haja vista que o teor de K nesse órgão apresentou pouca variação (Tabela 7).

O acúmulo de K nas raízes da ‘Viçosa’ aumentou de forma quadrática até os 265 DAP, com máximo estimado 26,55 kg ha<sup>-1</sup>; na ‘Seta’ foi de forma potencial, com maior valor estimado de 24,40 kg ha<sup>-1</sup> observado aos 345 DAP (Figura 7B). De maneira geral, os maiores acúmulos de K nas raízes foram observados na variedade Viçosa.

O acúmulo de K nas raízes da variedade Seta na fase final do ciclo maior que o da ‘Viçosa’ está associado com as reduções das quantidades acumuladas de K nas raízes da variedade Viçosa, refletindo em acúmulos semelhantes de K nas raízes das duas variedades nas últimas avaliações. Yorinori (2003) trabalhando com batata variedade Atlantic em duas safras observou acúmulo máximo de K nas raízes de 0,39 kg ha<sup>-1</sup> na safra das águas (68 DAP) e 0,72 kg ha<sup>-1</sup> na safra das secas (32 DAP), inferiores aos observados no presente experimento nas duas variedades de araruta.

O acúmulo de K na parte aérea teve comportamento quadrático na ‘Viçosa’ e raiz quadrada na ‘Seta’, com máximo estimado para ‘Viçosa’ de 77,84 kg ha<sup>-1</sup> e maior valor de 94,70 Kg ha<sup>-1</sup> para ‘Seta’, alcançados aos 183 e 177 DAP, respectivamente, (Figura 7C). Esses resultados retratam a grande capacidade de extração e de retranslocação de K por essas variedades, demonstrando a necessidade da realização da prática da adubação em momentos que antecedam o pico de acumulação, ou seja, aos 183 dias do ciclo para ‘Viçosa’ e 177 dias do ciclo para ‘Seta’.



**Figura 7.** Quantidade de k nos rizomas-semente (A), raízes (B), parte aérea (C) e rizomas (D) de variedades de araruta ao longo do ciclo de cultivo. \*\* significativo a 1% de probabilidade pelo teste ‘t’.

Nas últimas avaliações, as diminuições das quantidades de K acumuladas na parte aérea estão relacionadas à redução da MMS proporcionada pela senescência de folhas; além disso, esta diminuição também é explicada pela remobilização do K das folhas para outras partes das plantas, uma vez que os teores foram decrescentes nesse período (Tabela 7). Em taro, uma hortaliça também rizomatosa, o K foi o nutriente acumulado em maiores quantidades pelas plantas, com máximo acúmulo de 105 kg<sup>-1</sup> aos 102 DAP (Oliveira et al., 2011).

O K foi o nutriente acumulado em maiores quantidades pelos rizomas de araruta. Os rizomas acumularam K do início da formação do órgão (135 DAP) até o final do ciclo de forma potencial para ‘Viçosa’ e quadrática para ‘Seta’ (Figura 7D). Na ‘Viçosa’ o maior valor de acúmulo estimado foi de 412,2 kg ha<sup>-1</sup> aos 345 DAP. Na ‘Seta’ o máximo acúmulo foi de 521,3 kg ha<sup>-1</sup>, observado também aos 345 DAP. Em taro

‘Japonês’ a exportação média de K nos rizomas foi de 443 kg ha<sup>-1</sup> (Puiatti et al., 1992) e de 338 kg ha<sup>-1</sup> de K em taro cultivado em consórcio com crotalaria (Colombo, 2013), evidenciando que essas tuberosas são muito exigentes em K. Portanto, a adubação de reposição com K no solo, após a retirada dos rizomas de araruta, deve ser considerada, em razão da grande quantidade extraída pela cultura e do percentual elevado que é exportado pelos rizomas.

### 3.3.6 Cálcio

Os teores de Ca nos rizomas-semente apresentaram variações ao longo das avaliações. Os teores mais baixos nos rizomas-sementes foram observados aos s 135 e 255 DAP, para ambas as variedades. Nas raízes foi mais estável com pequeno aumento nos teores observados nas últimas avaliações. Na parte aérea foi ocorreu pouca variação nos teores ao longo das avaliações. Nos rizomas, foram obtidos os menores teores de Ca, ocorrendo redução do início ao final do ciclo nas duas variedades (Tabela 8).

**Tabela 8.** Teores médios de Ca nos órgãos de plantas de araruta, variedades Viçosa e Seta, ao longo do ciclo de cultivo

Variedades	Dias após o plantio								
	105	135	165	195	225	255	285	315	345
g kg <sup>-1</sup>									
Rizomas-semente									
Viçosa	–	4	9	9	13	7	10	8	9
Seta	–	3,6	10	11	5	2	5	8	8
Raízes									
Viçosa	10	10	12	12	10	13	16	14	22
Seta	9	10	12	11	9	13	12	22	21
Parte aérea									
Viçosa	16	10	11	13	17	16	15	11	13
Seta	15	13	11	11	13	12	11	12	10
Rizomas									
Viçosa	–	–	6	5	2	2	2	1	1
Seta	–	11	8	6	3	2	1	1	1

O Ca é considerado pouco móvel na planta, razão dos maiores teores encontrados na parte aérea e raízes. Todavia, os teores de Ca encontrados são mais baixos que os críticos para a maioria das plantas, indicando baixa exigência de Ca das plantas de araruta.

Resultados semelhantes foram obtidos por Gargantini et al. (1963) e por Fernandes (2011) que observaram os maiores teores de Ca nas folhas de batateira a

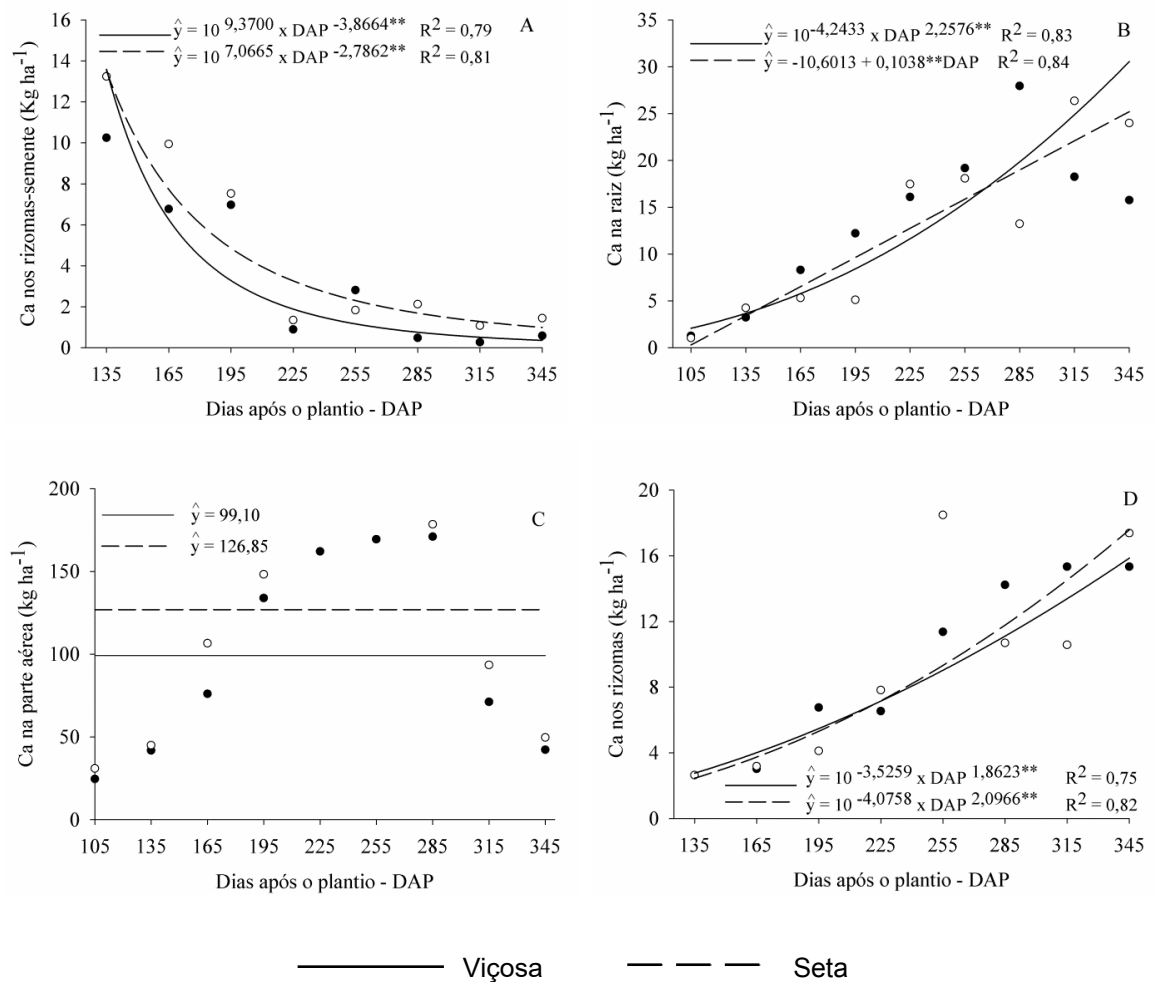
partir dos 60 e 27 DAP, respectivamente. Em taro, variedades Chinês e Japonês, o teor de Ca aumentou nas folhas e se manteve estável nos demais órgãos analisados (Puiatti et al., 1992) portanto, resposta semelhante a observada neste estudo.

Com relação às quantidades de Ca nos rizomas-semente, foi observada resposta semelhante às encontradas para os nutrientes N, P e K, com redução das quantidades de Ca acumuladas durante todo ciclo de cultivo, com maiores valores estimados de 13,59 e 13,51 kg ha<sup>-1</sup> aos 135 DAP, respectivamente, para as variedades Viçosa e Seta (Figura 8A). Essa resposta é função da redução de MMS nos rizomas-semente, pois os teores nestes órgãos permaneceram relativamente constantes durante o período de avaliação (Tabela 8).

Os acúmulos de Ca nas raízes aumentaram de forma potencial para a ‘Viçosa’ e linear para a ‘Seta’, atingindo os maiores valores de acúmulos estimados 30,55 e 25,20 kg ha<sup>-1</sup> aos 345 DAP, respectivamente (Figura 8B). Essa resposta ocorreu em razão do aumento de MMS com o crescimento das plantas (Figura 3B) e com o aumento nos teores de Ca (Tabela 8). Em estudo de absorção de nutrientes em batata-doce o Ca foi o nutriente extraído em maior quantidade pelas raízes, com extração de 25 kg ha<sup>-1</sup> no momento da colheita (Echer et al., 2009).

Uma das principais funções do Ca, juntamente com o B, é o crescimento, desenvolvimento e o funcionamento do sistema radicular, sendo essencial na divisão celular (mitose), (Malavolta et al., 1974).

Na parte aérea, o Ca não apresentou efeito dos dias após o plantio. Embora não tenha apresentado ajuste significativo, os valores médios de acúmulo observados do Ca na parte aérea de araruta foram de 99,10 e 126,85 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, para as variedades Viçosa e Seta (Figura 8C). Em batata-doce, o Ca foi o terceiro nutriente mais acumulado na parte aérea e também não teve ajuste significativo nas equações testadas (Ferreira, 2017).



**Figura 8.** Quantidade de Ca nos rizomas-semente (A), raízes (B), parte aérea (C) e rizomas (D) de variedades de araruta ao longo do ciclo de cultivo. \*\* significativo a 1% de probabilidade pelo teste ‘t’.

Nos rizomas ocorreu acúmulo potencial de Ca em ambas variedades, atingindo os maiores valores de acúmulo estimados de 15,85 e 17,60 kg ha<sup>-1</sup> aos 345 DAP, respectivamente, para as variedades Viçosa e Seta (Figura 8D). Esse acúmulo de Ca ocorreu em razão do acúmulo de MMS nos rizomas (Figura 3D), uma vez que o teor de Ca nesse órgão foi semelhante entre as variedades e reduziu ao longo do ciclo (Tabela 8). Valores superiores de Ca aos relatados para araruta neste trabalho foram encontrados em rizomas de taro, variedades Chinês e Japonês, com máxima absorção nos rizomas de 63,0 e 52,0 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente (Puiatti et al., 1992).

O maior acúmulo de Ca ocorreu na parte aérea, ao contrário do N, P e K que ocorreu nos rizomas, evidenciando o fato da baixa redistribuição do Ca dentro da planta, devido a sua baixa mobilidade. O Ca presente na seiva do xilema é translocado no sentido ascendente com o fluxo de transpiração (Marschner, 2012). Assim, quando há

adequada disponibilidade desse nutriente na solução do solo, o conteúdo dele nas folhas aumenta. Como o rizoma tem baixa transpiração, a quantidade de Ca que chega a esse órgão pelo xilema é baixa. Puiatti et al., (1992), também relataram que do total do Ca extraído pelas plantas de taro do campo, 50% permaneceu nas folhas (limbo e pecíolo), sendo dessa maneira exportado em menor escala pelos rizomas retornando ao solo com a senescência das plantas. O taro pertence à família Araceae, cujas espécies são caracterizadas por acumularem grande quantidade de Ca na forma de drusas e ráfides em seus tecidos, especialmente, na parte aérea responsável pela “acridez” (coceira nos tecidos) provocada ao serem manuseadas ou ingeridas (Puiatti et al., 1992).

O baixo acúmulo de Ca nos rizomas ocorre porque órgãos de reserva, como frutos e tubérculos, necessitam de concentrações mais baixas de Ca para o ótimo crescimento (Marschner, 2012). Yorinori (2003) e Cabalceta et al. (2005) também observaram em batateira que a maior parte do Ca absorvido permaneceu na parte aérea das plantas. Outro aspecto a se destacar, é a possibilidade do Ca ser absorvido por pelos absorventes encontrados nos próprios rizomas, mecanismo esse relatado para tubérculos de batateira (Kratzke & Palta, 1986). Este mecanismo acontece porque órgãos de reserva, drenos, recebem nutrientes principalmente via floema junto com sacarose pois transpiram pouco e o Ca não é translocado via floema, assim, rizomas e tubérculos dependem do Ca de fornecimento local por absorção.

### **3.3.7 Magnésio**

Nas duas variedades, o teor de Mg nos rizomas-semente praticamente reduziu até os 285 DAP, com pequena elevação no teor nas duas últimas avaliações. Tanto nas raízes quanto na parte aérea, o teor de Mg praticamente não se alterou ao longo do ciclo. O teor de Mg nos rizomas declinou lentamente ao longo das avaliações a partir dos 195 DAP (‘Viçosa’) e 225 DAP (‘Seta’), além de ser bem menor do que os encontrados nos outros órgãos da planta (Tabela 9). Os teores de Mg estão acima dos considerados críticos para a maioria das culturas, onde se considera o valor de  $1,5 \text{ g kg}^{-1}$  no limbo foliar (Marschner, 2012); indicando que a araruta é uma planta muito exigente em Mg.

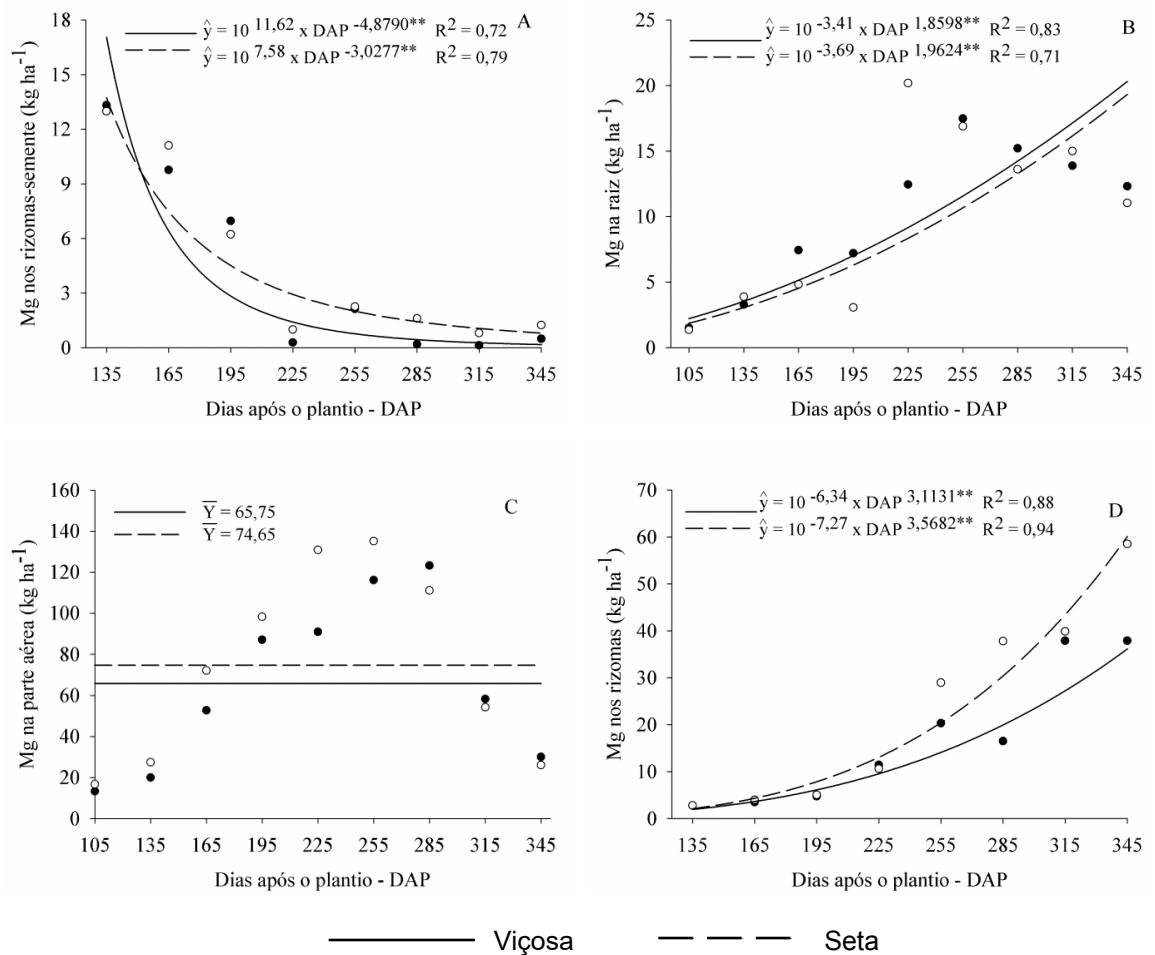
**Tabela 9.** Teores médios de Mg nos órgãos de plantas de araruta, variedades Viçosa e Seta, ao longo do ciclo de cultivo

Variedades	Dias após o plantio								
	105	135	165	195	225	255	285	315	345
	g kg <sup>-1</sup>								
	Rizomas-semente								
Viçosa	–	13,4	13,2	8,9	4,3	5,3	3,9	4,1	7,3
Seta	–	9,4	10,9	9,4	3,5	2,9	3,9	6,1	6,8
	Raízes								
Viçosa	11,9	10,0	10,9	7,0	8,0	11,7	8,8	10,8	9,7
Seta	12	11,7	10,8	6,7	10,3	12,4	12,6	12,3	9,9
	Parte aérea								
Viçosa	8,8	6,9	7,4	8,2	9,3	10,9	10,5	9,1	9,5
Seta	8,1	8,7	7,5	7,1	6,4	7,3	7,1	6,9	5,5
	Rizomas								
Viçosa	–	–	7,0	3,2	3,6	2,9	2,2	2,5	2,3
Seta	–	11,3	9,4	7,8	3,8	3,3	3,0	2,2	2,3

As quantidades de Mg acumuladas nos rizomas-semente de ambas variedades diminuiu ao longo do ciclo. Aos 135 DAP, os rizomas-semente apresentavam os maiores valores estimados de 58,0 e 29,30 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, para ‘Viçosa’ e ‘Seta’ (Figura 9A). Nas raízes, os acúmulos de Mg aumentaram até os 345 DAP nas duas variedades, atingindo os maiores valores estimadas de 20,30 e 19,30 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, para ‘Viçosa’ e ‘Seta’ (Figura 9B).

Assim como observado para o Ca, o acúmulo de Mg na parte aérea também não se verificou efeito dos dias após o plantio (Figura 9C). Os valores médios de acúmulos encontrados de Mg na parte aérea foram de 65,75 e 74,65 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, para as variedades Viçosa e Seta. Assim, é possível afirmar que as variedades de araruta Viçosa e Seta, tem alta capacidade de extrair Mg do solo e que por essa razão a adubação de reposição deve ser considerada após a retirada das plantas e principalmente dos rizomas do campo.

O Mg foi o terceiro nutriente mais acumulado na parte aérea das variedades de araruta. Em batata doce, o Mg foi o quarto nutriente mais acumulado pela parte aérea (Ferreira, 2017). Este nutriente é extremamente importante para este órgão, pois atua no processo fotossintético, especificamente na formação da molécula de clorofila (Campos; Bicudo; Ono, 2004).



**Figura 9.** Quantidade de Mg nos rizomas-semente (A), raízes (B), parte aérea (C) e rizomas (D) de variedades de araruta ao longo do ciclo de cultivo. \*\* significativo a 1% de probabilidade pelo teste ‘t’.

Nos rizomas, o acúmulo de Mg foi potencialmente crescente nas duas variedades durante o ciclo. Os maiores acúmulos estimados de Mg nos rizomas foram de 36,15 e 60,10 kg ha<sup>-1</sup>, aos 345 DAP, respectivamente, para as variedades Viçosa e Seta (Figura 9D). Esse aumento é resultado da maior quantidade de MMS acumulada nos rizomas das plantas (Figura 3D), pois os teores de Mg neste órgão reduziram ao longo do ciclo (Tabela 9). Em taro, os rizomas exportam em média 24 kg ha<sup>-1</sup> de Mg (Puiatti et al., 1992), no entanto, valores superiores a este e mais próximos dos encontrados neste trabalho foram relatados para taro em consórcio com crotalária, com máximo acúmulo de 42,37 kg ha<sup>-1</sup> (Colombo, 2013).

### 3.3.8 Enxofre

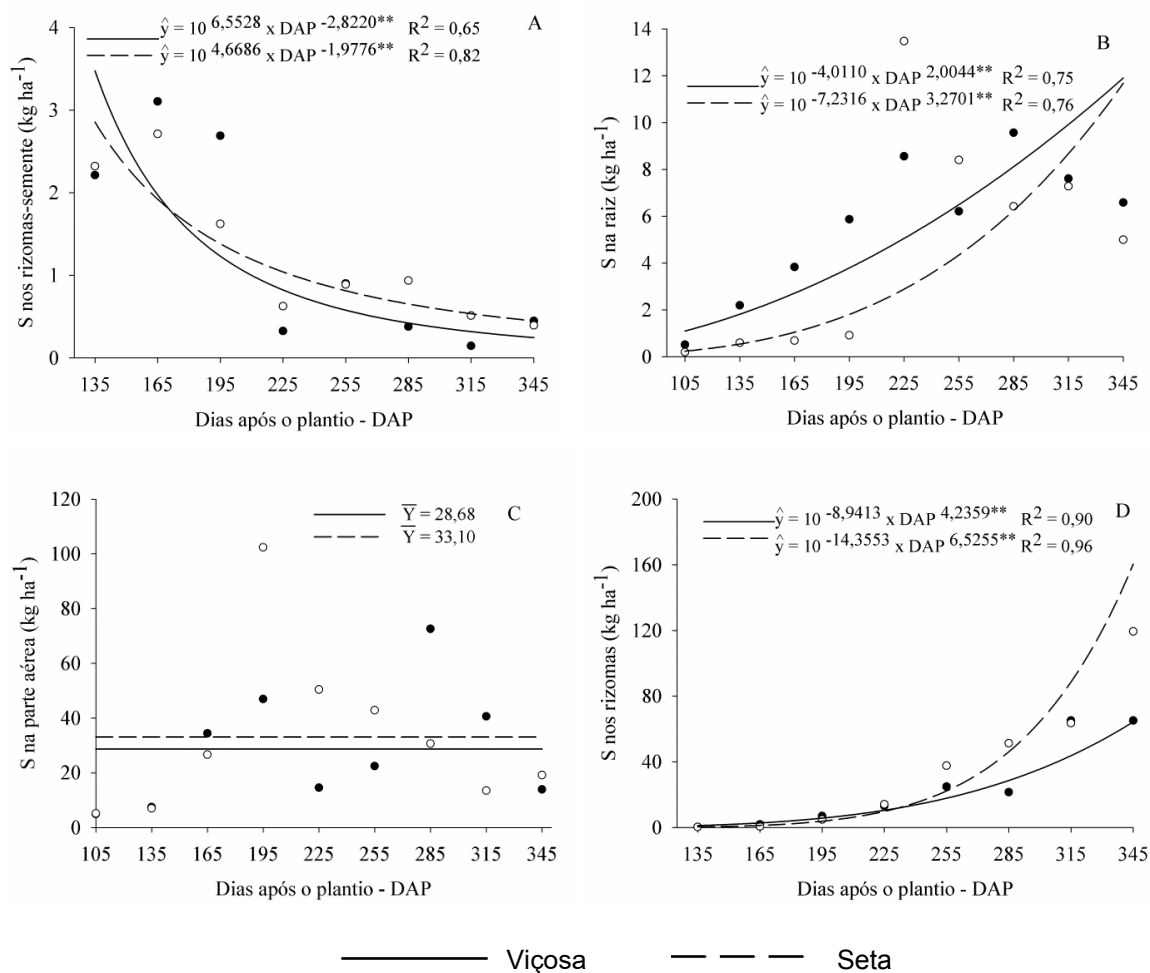
O teor de S nos rizomas-semente da variedade Viçosa, alterou pouco até os 255 DAP e apresentou aumento substancial nas três últimas avaliações (Tabela 10). Na variedade Seta, o teor de S permaneceu praticamente inalterado durante todo o ciclo de cultivo. Nas raízes, parte aérea e rizomas também não ocorreram grandes alterações no teor de S durante o ciclo, porém, nas últimas avaliações foram observados maiores teores que os obtidos nas primeiras coletas. Embora com certas variações, os teores em todos os órgãos apresentaram valores relativamente próximos (Tabela 10).

**Tabela 10.** Teores médios de S nos órgãos de plantas de araruta, variedades Viçosa e Seta, ao longo do ciclo de cultivo

Variedades	Dias após o plantio								
	105	135	165	195	225	255	285	315	345
g kg <sup>-1</sup>									
Rizomas-semente									
Viçosa	–	2,2	4,2	3,5	4,9	2,3	7,6	8,7	6,7
Seta	–	1,7	2,7	2,4	2,2	1,1	2,2	3,8	2,1
Raízes									
Viçosa	4,1	6,7	5,6	5,7	5,5	4,1	5,5	5,9	5,2
Seta	1,7	1,8	1,5	2,0	6,9	6,1	5,9	6,0	4,5
Parte aérea									
Viçosa	3,3	2,6	4,8	4,4	1,5	2,1	6,2	6,3	4,4
Seta	2,5	2,2	2,8	7,4	2,5	2,3	2,0	1,7	4,0
Rizomas									
Viçosa	–	–	3,8	4,7	4,1	3,6	2,9	4,4	3,7
Seta	–	1,4	1,7	7,5	5,1	4,2	4,1	3,6	4,8

A quantidade de S no rizoma-semente, em ambas variedades, reduziu durante o ciclo de cultivo, com maiores valores estimados de 3,50 e 2,85 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, para ‘Viçosa’ e ‘Seta’ na 1ª avaliação (Figura 10A). Essa resposta é resultado da redução do acúmulo de MMS nos rizomas-semente ao longo do ciclo de cultivo da araruta (Figura 3A), haja vista pequeno aumento observado no teor nas últimas avaliações, especialmente na ‘Viçosa’.

Os acúmulos de S nas raízes aumentaram em ambas variedades ao longo do ciclo com maiores valores de 11,90 e 11,70 kg ha<sup>-1</sup> aos 345 DAP para as variedades Viçosa e Seta, respectivamente (Figura 10B). Os resultados obtidos demonstram que a araruta apresenta alta capacidade de extração de S pela raiz, quando comparada com outras olerícolas produtoras de raízes tuberosas como relatado para batata doce, em que a maior quantidade de S extraído pelas raízes foi de 1,2 kg ha<sup>-1</sup> (Echer et al., 2009).



**Figura 10.** Quantidade de S nos rizomas-semente (A), raízes (B), parte aérea (C) e rizomas (D) de variedades de araruta ao longo do ciclo de cultivo. \*\*significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Assim como para Ca e Mg, o S na parte aérea também não se verificou efeito de dias após o plantio (Figura 10 C). Os valores médios observados de S acumulado na parte aérea de araruta foram de 28,68 e 33,10 kg ha<sup>-1</sup>, para as variedades Viçosa e Seta, respectivamente (Figura 10C). O enxofre é considerado um macronutriente absorvido na forma de sulfato (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>), sendo a folha a região de maior concentração desse nutriente (Fullin et al., 2007), pois assim como o nitrogênio, o enxofre participa da síntese de proteína nas plantas (Silva & Trevizam, 2015).

Houve acúmulo de S nos rizomas ao longo das avaliações, com maiores valores acumulados estimados de 64,40 e 160,40 kg ha<sup>-1</sup> aos 345 DAP para as variedades Viçosa e Seta, respectivamente (Figura 10D). Portanto, a variedade Seta destaca-se pela maior capacidade de acúmulo de S nos rizomas comparado à 'Viçosa'. Como o teor de S nos rizomas praticamente não alterou durante o ciclo (Tabela 10), o acúmulo de S nos

rizomas pode ser atribuído praticamente somente ao aumento da MMS dos rizomas (Figura 3D).

Em cultivares de batata de 63-75% do total do acúmulo de S pelas plantas, estava presente nos tubérculos (Fernandes, 2010), confirmando que a maior parte do S acumulado pelas plantas é redirecionado para os órgãos de reserva. Em rizomas de taro, cultivares Chinês e Japonês, foi relato acúmulo total de 435,5 e 435,4 kg ha<sup>-1</sup> de S, respectivamente (Puiatti et al., 1992). Além disso, esses resultados indicam que o S é um nutriente intensamente translocado para órgãos de reserva, como rizomas da araruta, taro e tubérculos de batata. Para Larsson et al., (1991), apesar de o S ser considerado pouco móvel na planta, quando na forma de sulfato é translocado tanto no xilema quanto no floema, sendo prontamente trocável entre essas vias.

### **3.4 Quantidades de macronutrientes demandadas pelas ararutas ‘Viçosa’ e ‘Seta’**

Com base nos resultados obtidos, as quantidades totais de nutrientes para atender a necessidade nutricional da araruta, variedades Viçosa e Seta, durante um ciclo de cultivo são apresentados na Tabela 11.

Pode-se observar que a variedade Seta é mais exigente em macronutrientes que a ‘Viçosa’. Uma possível razão é a maior produção de massa de matéria seca de parte aérea, fato que também a tornou mais produtiva quanto aos rizomas.

Entretanto, é importante destacar que essas quantidades de macronutrientes extraídos são referentes para um ciclo de implantação da cultura (primeiro cultivo), pois se considerar que apenas os rizomas são retirados da área de cultivo (parte aérea e raízes permanecem na área), essas quantidades seriam reduzidas pela metade de cada quantidade dos nutrientes expressas na Tabela 11.

**Tabela 11.** Quantidades totais de macronutrientes para atender a necessidade nutricional das variedades de araruta Viçosa e Seta durante um ciclo de cultivo

<b>‘Viçosa’ (kg ha<sup>-1</sup>)</b>						
Órgão	NT	P	K	Ca	Mg	S
PA	148,00	47,50	77,85	171,00	123,30	72,60
Raízes	14,60	2,20	26,60	28,00	17,50	9,60
Rizomas	103,20	46,00	420,20	15,30	37,90	65,20
<b>Total</b>	<b>265,80</b>	<b>95,70</b>	<b>524,65</b>	<b>214,30</b>	<b>178,70</b>	<b>147,40</b>
<b>‘Seta’ (kg ha<sup>-1</sup>)</b>						
Órgão	NT	P	K	Ca	Mg	S
PA	239,00	56,70	94,70	261,90	135,10	102,35
Raízes	14,00	2,15	31,00	26,40	20,20	13,50
Rizomas	168,50	74,25	481,00	18,50	58,50	119,40
<b>Total</b>	<b>421,50</b>	<b>133,10</b>	<b>606,70</b>	<b>306,80</b>	<b>213,80</b>	<b>235,25</b>

Esses valores retratam uma grande capacidade de extração de macronutrientes por essas variedades de araruta, demonstrando a necessidade da realização da prática da adubação em momentos que antecedam os picos de acumulação, visando atingir a máxima capacidade produtiva.

#### 4. CONCLUSÕES

As plantas e, principalmente, a porção comercializável (rizomas) das duas variedades de araruta extraem quantidades relevantes de macronutrientes do solo, demonstrando a necessidade do desenvolvimento de programa adequado de adubação para a cultura, visando atingir sua máxima capacidade produtiva.

A ordem decrescente de macronutrientes acumulados pela variedade Viçosa nos rizomas-semente foi:  $K > NT > Mg > Ca > P > S$ ; nas raízes:  $Ca > K > Mg > NT > S > P$ ; parte aérea:  $Ca > NT > Mg > K > S > P$ ; e rizomas:  $K > NT > S > P > Mg > Ca$ . Na variedade Seta a ordem decrescente nos rizomas-semente foi:  $K > NT > Ca > Mg > P > S$ ; nas raízes foi:  $K > Ca > Mg > NT > S > P$ ; parte aérea:  $Ca > NT > Mg > K > S > P$ ; e rizomas:  $K > NT > S > P > Mg > Ca$ .

As quantidades de macronutrientes necessárias para primeiro ciclo de cultivo de araruta ‘Viçosa’ são: 266; 96; 525; 214; 179 e 147 kg ha<sup>-1</sup> de N; P; K; Ca; Mg e S, respectivamente. Para ‘Seta’, 422; 133; 607; 307; 214 e 235 kg ha<sup>-1</sup> de N; P; K; Ca; Mg e S, respectivamente. Os valores retratam uma grande capacidade de extração de macronutrientes por essas variedades, demonstrando a necessidade da realização da prática da adubação em momentos que antecedam os picos de acumulação.

Contudo, é importante mencionar que esses valores são para um cultivo de implantação da cultura, ou seja, se considerarmos apenas as quantidades exportadas da área com os rizomas, essas quantidades seriam reduzidas pela metade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANVISA – Alimentos com alegações de propriedades funcionais e ou de saúde.  
Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/alimentos/alegacoes> (acesso 05 janeiro 2017), 2017.
- BENICASA, M. M. P. Análise de Crescimento de Plantas (noções básicas).  
Jaboticabal: FUNEP, 2004. 42p.
- BOINK, A.; SPEIJERS, G. Healths effects of nitrates and nitrites, a review. *Acta Horticulture*, v.563, p.29-36, 2001.
- BRAGA, J. M.; DEFELIPO, B. V. Determinação espectrofotométrica de P em extratos de solo e material vegetal. *Revista Ceres*, v. 21, n. 113, p. 73–85, 1974.
- BRAUN, H.; FONTES, P. C. R.; BUSATO, C.; CECON, P. R. Macro and micronutrient concentration and accumulation in tuber of potato cultivars as affected by nitrogen. *Bragantia*, 70(1), 50–57. doi: 10.1590/S0006-87052011000100009, 2011.
- BREDEMEIER, C.; MUNDSTOCK, C. M. Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas. *Ciência Rural* v. 30, p.365–372. doi: 10.1590/S0103-84782000000200029, 2000.
- CABALCETA, G.; SALDIAS, M.; ALVARADO, A. Absorción de nutrientes en el cultivar de papa MNF-80. *Agronomia Costarricense* 29: 107–123. ISSN: 0377-9424, 2005.
- CAMPOS, M. F. de; BICUDO, S. J.; ONO, E. O. Influência da Calagem e do Zinco no desenvolvimento das raízes tuberosas da mandioca. *Revista Ceres* 51: 597–607, 2004.
- COLLADO, A. A. M.; DUPUY, F. G.; MORERO, R. D.; MINAHK, C. Cholesterol induces surface localization of polyphenols in model membranes thus enhancing

vesicle stability against lysozyme, but reduces protection of distant double bonds from reactive-oxygen species. *Biochimica Biophysica Acta - Biomembranes* 1858: 1479–1487. doi: 10.1016/j.bbamem.2016.04.002, 2016.

COLOMBO, J. N. Desempenho do consórcio taro e crotalária e efeitos residuais em cultivos sucessivos de brócolis, milho verde e ervilha de vagem. 2013. 183 f. Tese (Doutorado) - Curso de Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Cap. 1. Disponível em: <<http://www.locus.ufv.br/handle/123456789/1223>>.

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-araruta-em-cruz-das-almas>>. (acesso 25 Junho 2017), 2017.

ECHER, F. R.; DOMINATO, J. C.; CRESTE, J. E. Absorção de nutrientes e distribuição da massa fresca e seca entre órgãos de batata-doce. *Horticultura Brasileira* 27: 176–182. doi: 10.1590/S0102-05362009000200010, 2009.

EMBRAPA. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. 2 ed. Brasília, Informação Tecnológica. 628p., 2009.

EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3 ed. Brasília. 353p., 2013.

FERNANDES, A. M. Crescimento, produtividade, acúmulo e exportação de nutrientes em cultivares de batata (*Solanum tuberosum* L.). 2010. 144 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Agricultura) - Curso de Pós graduação em Agronomia: Agricultura, Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2010.

FERNANDES, A. M.; SORATTO, R. P.; SILVA, B. L. Extração e exportação de nutrientes em cultivares de batata: I - macronutrientes. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 35: 2039–2056. doi: 10.1590/S0100-06832011000600020, 2011.

- 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* 8: 93–98, 2005.
- FERREIRA, MARCOS AURÉLIO MIRANDA. Crescimento e acúmulo de nutrientes na cultura da batata-doce. 2017. 51 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2017.
- FRANCO, H. C. J.; BOLOGNA, I. R.; FARONI, C. E.; VITTI, A. C.; TRIVELIN, P. C. O. Acúmulo de macronutrientes em cana-de-açúcar em função da adubação nitrogenada e dos resíduos culturais incorporados ao solo no plantio. *Bragantia* 66: 669–674. doi: 10.1590/S0006-87052007000400017, 2007.
- FULLIN, E. A.; MUNER, L. H.; DADALTO, G. G.; PREZOTTI, L. C. Adubos e deficiência das adubações. In: PREZOTTI, L. C.; GOMES, J. A.; DADALTO, G. G.; OLIVEIRA, J. A. de. Manual de Recomendação de calagem e adubação para o estado do Espírito Santo – 5ª aproximação, Vitória, 43–69. 2007.
- GARGANTINI, H.; BLANCO, G.; GALLO, J. R.; NÓBREGA, S.A. Absorção de nutrientes pela batatinha. **Bragantia**, v.22, n.22, p.267-289, 1963.
- 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.
- HEREDIA ZÁRATE, N. A.; VIEIRA, M. C. Produção da araruta 'Comum' proveniente de três tipos de propágulos. *Ciência e Agrotecnologia* 29: 995–1000. doi: 10.1590/S1413-70542005000500012, 2005.

- HEREDIA ZÁRATE, N. A.; VIEIRA, M. C.; RENAN, A.; KLANT, S.; FERNANDO, M.; MORENO, B.; SOUZA, M. Produção da araruta “comum” solteira e consorciada com alface e cenoura. *Acta Científica Venezuelana* 58: 1–5, 2007.
- JYOTHI, A. N.; SHERIFF, J. T.; SANJEEV, M. S. Physical and functional properties of arrowroot starch extrudates. *Journal of Food Science* 74: 97–104. doi: 10.1111/j.1750-3841.2008.01038.x, 2009.
- KINUPP, V. F.; LORENZI, H. Plantas alimentícias não convencionais (PNAC) no Brasil. São Paulo: Instituto Plantarum, 2014.
- KRATZKE, M.G.; PALTA, J. P. Calcium accumulation in potato tubers: Role of basal roots. *HortScience*, 21: 1022–1024, 1986.
- KUMALASARI, I. D.; HARMAYANI, E.; LESTARI, L. A.; RAHARJO, S.; ASMARA, W.; NISHI, K.; SUGAHARA T.. Evaluation of immunostimulatory effect of the arrowroot (*Maranta arundinacea* L.) in vitro and in vivo. *Cytotechnology* 64: 131–137. doi: 10.1007/s10616-011-9403-4, 2012.
- LANE, D. R.; BASSIRIRAD, H. Differential responses of tallgrass prairie species to nitrogen loading and varying ratios of  $\text{NO}_3^-$  to  $\text{NH}_4^+$ . *Functional Plant Biology* 29: 1227–1235. doi: 10.1071/PP01225, 2002.
- LARSSON, C. M.; LARSSON, M.; PUERVES, J. V.; CLARCKSON, D. T. Translocation and cycling through roots of recently absorbed nitrogen and sulphur in wheat (*Triticum aestivum*) during vegetative and generative growth. *Physiologia Plant* 82: 345–352. doi: 10.1111/j.1399-3054.1991.tb02916.x, 1991.
- LEONEL, M.; CEREDA, M. P. Caracterização físico-química de algumas tuberosas amiláceas. *Ciência e Tecnologia de Alimentos* 22: 65–69. doi: 10.1590/S0101-20612002000100012, 2002.
- LEYVA-LÓPEZ, N.; NAIR, V.; BANG, W.Y.; CISNEROS-ZEVALLOS, L.; HEREDIA, J.B. Protective role of terpenes and polyphenols from three species of

oregano (*Lippia graveolens*, *Lippia palmeri* and *Hedeoma patens*) on the suppression of lipopolysaccharide-induced inflammation in RAW 264.7 macrophage cells. *Journal of Ethnopharmacology* 187: 302–312. doi: 10.1016/j.jep.2016.04.051, 2016.

MALAVOLTA, E. Elementos de nutrição mineral de plantas. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251p.

MALAVOLTA, E.; HAAG H. P.; MELLO, F. A. F.; BRASIL SOBRINHO, M. O. C. Nutrição mineral e adubação de plantas cultivadas. São Paulo: Pioneira, 1974. 727p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2. ed. Piracicaba: Associação brasileira para a pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997, 319 p.

MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. Amsterdam: Academic Press; 2012.

MATHEW, J. 2007. Arrowroot. In: Peter KV, editor. Underutilized and underexploited horticultural crops. New Delhi , India : New India Publishing Agency. 26 p.

MORENO, L. B.; TORALES, E. P.; HEID, D. M.; HEREDIA ZÁRATE, N. A.; ABRÃO, M. S. Influence of plant density and hilling on yield and profitability of arrowroot. *Pesquisa Agropecuária Tropical* 47: 465–471. doi: 10.1590/1983-40632017v4748643, 2017.

OLIVEIRA, F. L.; ARAUJO, A. P.; GUERRA, J. G. M. Crescimento e acumulação de nutrientes em plantas de taro sob níveis de sombreamento artificial. *Horticultura Brasileira* 29: 291–298, 2011.

PUIATTI, M.; GREEMAN S.; KATSUMOTO R.; FAVERO C. Crescimento e absorção de macronutrientes pelo inhame ‘Chinês’ e ‘Japonês’. *Horticultura brasileira* 10: 89–92, 1992.

- RADOMSKA-LESNIEWSKA, D. M., HEVELKE, A., SKOPINSKI, P., BAŁAN, B., JOZWIAK, J., ROKICKI, D., SKOPINSKA-RÓZEWSKA, E., BIALOSZEWSKA, A. Reactive oxygen species and synthetic antioxidants as angiogenesis modulators: clinical implications. *Pharmacological Reports* 68: 462–471. doi: 10.1016/j.pharep.2015.10.002, 2016.
- REUTER, D. J.; ROBERTSON, J. B. *Plant Analysis – An Interpretation Manual*. Melbourne, 1986.
- SEDIYAMA, M. A. N; SANTOS, M. R; SALGADO, L. T; PUIATTI, M; VIDIGAL, S. M. Produtividade e exportação de nutrientes por rizomas de taro cultivado com resíduos orgânicos. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias* 4: 421–425. doi:10.5039/agraria.v4i4a8, 2009.
- SILVA, M. D. S.; TREVIZAM, A. R. Interações iônicas e seus efeitos na nutrição das plantas. *Informações agronômicas*, 49, 16p. 2015.
- TANETRUNGROJ, Y.; PRACHAYAWARAKORN, J. Effect of starch types on properties of biodegradable polymer based on thermoplastic starch process by injection molding technique *Songklanakarin Journal of Science and Technology* 37: 193–199, 2015.
- TEDESCO, M. J.; VOLWEISS, S. J.; BOHRNEM, H. *Análises de solo, plantas e outros materiais*. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1985. (Boletim técnico, 5).
- TRIVELIN, P. C. O.; VITTI, A. C.; OLIVEIRA, M. W.; GAVA, G. J. C.; SARRIÉS G. A. Utilização de nitrogênio e produtividade da cana-de-açúcar (cana-planta) em solo arenoso com incorporação de resíduos da cultura. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 26: 636-646. doi: 10.1590/S0100-06832002000300008, 2002.

- VIEIRA, B. J.; COLOMBO, N. J.; PUIATTI, M.; CECON, P. R.; SILVESTRE, C. H. Desempenho da araruta ‘Viçosa’ consorciada com crotalária. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias* 10: 518–524. doi: 10.5039/agraria.v10i4a5271, 2015.
- WESTERMANN, D.T. Fertility Management. In: ROWE, R.C. (eds.). *Potato health management*. Minnesota: APS Press, 1993. p.77-86.
- WILLIAMS, L. E.; MILLER, A. J. Transporters responsible for the uptake and partitioning of nitrogenous solutes. *Annual Review in Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 52: 659–688. doi: 10.1146/annurev.arplant.52.1.659, 2001.
- WINARTI, C.; SUNARTI, T. C.; MANGUNWIDJAJA, D.; RICHANA, N. Preparation of arrowroot starch nanoparticles by butanol-complex precipitation, and its application as bioactive encapsulation matrix. *International Food Research Journal* 21: 2207–2213, 2014.
- YORINORI, G. T. Curva de crescimento e acúmulo de nutrientes pela cultura da batata cv. ‘Atlantic’. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2003. 66p. (Tese de Mestrado).