



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA  
MESTRADO EM FITOTECNIA

MARIA VANESSA DA COSTA DE DEUS

**ADUBAÇÃO FOSFATADA E REVESTIMENTO COMESTÍVEL NA  
CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE BATATA-DOCE (*Ipomoea batatas* L.)**

MOSSORÓ

2019

MARIA VANESSA DA COSTA DE DEUS

**ADUBAÇÃO FOSFATADA E REVESTIMENTO COMESTÍVEL NA  
CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE BATATA-DOCE (*Ipomoea batatas* L.)**

Dissertação apresentada ao Mestrado em Fitotecnia do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Mestre em Fitotecnia.

Linha de Pesquisa: Melhoramento Genético e Tecnologia em Sementes e Pós-Colheita

Orientador: Prof. Dr<sup>a</sup>. Edna Maria Mendes Aroucha,

Co-orientador: Prof. Dr. José Francismar de Medeiros.

MOSSORÓ - RN

2019

©Todos os direitos estão reservados à Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996, e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata, exceto as pesquisas que estejam vinculadas ao processo de patenteamento. Esta investigação será base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) seja devidamente citado e mencionado os seus créditos bibliográficos.

D474a

Deus, Maria Vanessa da Costa de. Adubação fosfatada e revestimento comestível na conservação pós-colheita de batata-doce (*Ipomoea batatas* L.) / Maria Vanessa da Costa de Deus. - 2019.  
56 f. : il.

Orientadora: Edna Maria Mendes Aroucha.  
Coorientador: José Francismar de Medeiros.  
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, 2019.

1. Amido. 2. Fécula de mandioca. 3. Fósforo. 4. Produtividade. I. Aroucha, Edna Maria Mendes, orient. II. Medeiros, José Francismar de, coorient. III. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

MARIA VANESSA DA COSTA DE DEUS

**ADUBAÇÃO FOSFATADA E REVESTIMENTO COMESTÍVEL NA  
CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE BATATA-DOCE (*Ipomoea batatas L.*)**

Dissertação apresentada ao Mestrado em  
Fitotecnia do Programa de Pós-  
Graduação em Fitotecnia da  
Universidade Federal Rural do Semi-  
Árido como requisito para obtenção do  
título de Mestre em Fitotecnia.

Linha de Pesquisa: Bioquímica,  
Fisiologia e Tecnologia pós-colheita.

Defendida em: 25/04/2019.

**BANCA EXAMINADORA**



---

Prof. Dra. Edna Maria Mendes Aroucha

Presidente



---

Dra. Andrea Raquel Fernandes Carlos da Costa (FACENE)

Membro Examinador



---

Prof. Dr. José Francismar de Medeiros (UFERSA)

Membro Examinador



---

Dr. José Gustavo Lima de Almeida (UFERSA)

Membro Examinador

Ao meu esposo, Francisco André dos Santos, e  
à minha filha, Alice Costa dos Santos, base de  
minha vida e dos meus sonhos.

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) e ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia (PPGFITO), pela oportunidade de realização do curso de Mestrado;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos;

A professora e orientadora Dra. Edna Maria Mendes Aroucha, sempre disposta e atenciosa, ao longo da condução da minha dissertação;

Ao professor Dr. José Francismar de Medeiros, pela co-orientação na condução dos experimentos;

Aos colegas de Laboratório de Tecnologia de Alimentos - UFERSA por toda ajuda na condução dos trabalhos de campo e de laboratório;

À minha amiga Júlia Rebouças de Oliveira pela companhia nas horas de lazer e de estudo;

Ao amigo Marlenildo Ferreira Melo na condução do experimento e dissertação;

À família, base da vida.

Muito obrigada!

DEUS, Maria Vanessa da Costa de. **Adubação fosfatada e revestimento comestível na conservação pós-colheita de batata-doce (*Ipomoea batatas* L.)** 2019. 56f (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró-RN, 2019.

## RESUMO

A qualidade na ocasião e após a colheita depende de vários fatores pré-colheita, um desses é o manejo adequado da nutrição do solo. Assim, este experimento foi conduzido com o objetivo de avaliar a influência da adubação fosfatada na produtividade, qualidade e o efeito do revestimento comestível na conservação pós-colheita de batata-doce. As plantas foram cultivadas, em Upanema-RN, em um espaçamento de 0,3 x 1,0 m, no solo classificado como Cambissolo que apresentava 12,8 mg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> kg<sup>-1</sup> de solo e suplementado com 40, 80, 120 ou 160 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> na forma de superfosfato triplo. As parcelas foram arranjadas em blocos casualizados com quatro repetições. Após 140 dias, as raízes foram colhidas e armazenadas por até 80 dias (20 ± 2 °C, 75 ± 2% UR). Uma amostragem de raiz, de cada tratamento, foi analisada a cada 20 dias quanto as características físico-químicas. Um segundo experimento foi conduzido, no laboratório, com o objetivo de avaliar o uso de revestimento comestível (3% de fécula de mandioca) na conservação pós-colheita das raízes (80 dias, 20 ± 2 °C, 75 ± 2% UR) apenas das plantas adubadas com a dose padrão, 80 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Adubação fosfatada (até 160 kg ha<sup>-1</sup>) não influenciou a produtividade total de raízes. A acidez titulável (AT) aumentou com o incremento nas doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, com máximo de 0,512% na dose de 125 kg ha<sup>-1</sup> e a relação SS/AT reduziu linearmente com o incremento nas doses de fósforo. Durante o período de armazenamento, houve aumento na AT, açúcares solúveis totais e não-redutores. Porém, o pH, relação SS/AT e conteúdo de amido diminuíram. O uso de revestimento comestível manteve maiores teores de açúcares solúveis totais e açúcares não redutores, bem como amido em raízes de batata-doce durante armazenamento.

**Palavras-chave:** Amido; Fécula de mandioca; Fósforo; Produtividade.

DEUS, Maria Vanessa da Costa de. **Phosphate fertilization and edible coating on postharvest conservation of sweet potato (*Ipomoea batatas* L.)**. 2019. 56p. (Masters in Crop Science) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró-RN, 2019.

### ABSTRACT

Quality at harvesting time depends on several pre-harvest factors, such as soil nutrition management. Thus, this experiment aimed to evaluate the influence of phosphate fertilization on yield, quality and the effect of edible coating on postharvest conservation of sweet potatoes. Plants were cultivated in Upanema, Brazil at 0.3 x 1.0 m spacing in a soil classified as Cambisol, which presented 12.8 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> kg<sup>-1</sup> soil and supplemented with 40, 80, 120 or 160 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> as triple superphosphate. The plots were arranged in a randomized block design with four replicates. After 140 days, the roots were harvested and stored for up to 80 days (20 ± 2 ° C, 75 ± 2% RH). A root sample of each treatment was analyzed every 20 days for physicochemical evaluation. A second experiment was carried out at laboratory to evaluate the use of edible coating (3% cassava starch) in postharvest root conservation (80 days, 20 ± 2 ° C, 75 ± 2% RH) only from the plants fertilized with the standard dose, 80 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>. Phosphate fertilization (up to 160 kg ha<sup>-1</sup>) did not influence total root productivity. The titratable acidity (TA) increased with increasing P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> doses, with a maximum of 0.512% at the dose of 125 kg ha<sup>-1</sup> and the SS/AT linearly reduced with the increase in phosphorus doses. During the potato's storage period, there was an increase in AT, total and non-reducing soluble sugars. However, the pH, ratio SS/AT, and starch content decreased. The use of edible coating maintained higher total soluble sugars and non-reducing sugars, as well as starch in sweet potato roots during storage.

**Keywords:** Cassava starch; Phosphorus; Starch; Yield.



## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Perda de massa e matéria seca de raízes de batata-doce em função do tempo de armazenamento e doses de  $P_2O_5$ . Dados são médias  $\pm$  erro padrão. \*\*, \* e ° indicam significância dos parâmetros do modelo pelo teste  $t$  ( $P \leq 0,01$ ;  $P \leq 0,05$ ;  $P \leq 0,1$ , respectivamente)..... 29
- Figura 2. Firmeza (A), L\* (B), C\* (C) e H\* (D) de raízes de batata-doce em função de doses de  $P_2O_5$ . Dados são médias  $\pm$  erro padrão. .... 30
- Figura 3. Firmeza (A), L\* (B), C\* (C) e H\* (D) de raízes de batata-doce em função do tempo de armazenamento. Dados são médias  $\pm$  erro padrão. \*\*, \* e ° indicam significância dos parâmetros do modelo pelo teste  $t$  ( $P \leq 0,01$ ;  $P \leq 0,05$ ;  $P \leq 0,1$ , respectivamente). .... 31
- Figura 4. Sólidos solúveis (A), acidez titulável (B), pH (C) e sólidos solúveis/acidez titulável (D) de raízes de batata-doce em função de doses de  $P_2O_5$ . Dados são médias  $\pm$  erro padrão. \*\*, \* e ° indicam significância dos parâmetros do modelo pelo teste  $t$  ( $P \leq 0,01$ ;  $P \leq 0,05$ ;  $P \leq 0,1$ , respectivamente)..... 34
- Figura 5. Sólidos solúveis (A), acidez titulável (B), pH (C) e sólidos solúveis/acidez titulável (D) de raízes de batata-doce em função do tempo de armazenamento. Dados são médias  $\pm$  erro padrão. \*\*, \* e ° indicam significância dos parâmetros do modelo pelo teste  $t$  ( $P \leq 0,01$ ;  $P \leq 0,05$ ;  $P \leq 0,1$ , respectivamente). .... 35
- Figura 6. Teor de açúcares solúveis totais (A), açúcares redutores (B), açúcares não-redutores (C) e de amido (D) de raízes de batata-doce em função de doses de  $P_2O_5$ . Dados são médias  $\pm$  erro padrão. .... 37
- Figura 7. Teor de açúcares solúveis totais (A), açúcares redutores (B), açúcares não-redutores (C) e de amido (D) de raízes de batata-doce em função do tempo de armazenamento. Dados são médias  $\pm$  erro padrão. .... 38
- Figura 8. Perda de massa (A), matéria seca (B), firmeza (C), L\* (D), C\* (E) e H\* (F) de raízes de batata-doce em função do armazenamento. \*\*, \* e ° indicam efeito significativo pelo teste  $t$  a 1%, 5% e 10% de probabilidade, respectivamente. .... 42
- Figura 9. Açúcares solúveis totais (A) e açúcares não-redutores (B) em raízes de batata-doce em função do revestimento comestível e tempo de armazenamento. Barras representam a média mais ou menos LSD  $_{0,05}$ : diferença mínima significativa ao nível de significância de 5% de probabilidade e o desvio padrão. .... 43
- Figura 10. Sólidos solúveis (A), acidez titulável (B), sólidos solúveis/ acidez titulável (C), pH (D), amido (E) e açúcares redutores (F) de raízes de batata-doce em função do armazenamento. \*\*, \* e ° indicam efeito significativo pelo teste  $t$  a 1%, 5% e 10% de probabilidade, respectivamente. .... 47

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1. Temperaturas máxima, média e mínima do ar e umidade relativa do ar em Upanema - RN durante o período de maio a setembro de 2017. Upanema – RN, 2017. ....22
- Tabela 2. Perda de massa (PM), teor de massa seca (MS), firmeza (Firm), luminosidade ( $L^*$ ), croma ( $c^*$ ) e ângulo hue (H) de raízes de batata-doce com e sem revestimento comestível e armazenadas por 80 dias em câmara fria a  $20^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$  e  $75 \pm 2\%$  UR. UFERSA, Mossoró-RN, 2019. ....39
- Tabela 3. Sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), relação sólidos solúveis / acidez titulável (SS/AT), potencial hidrogeniônico (pH), amido, açúcares solúveis totais (AST), açúcares redutores (AR), açúcares não redutores (ANR) de raízes de batata-doce com e sem revestimento comestível e armazenadas por 80 dias em câmara fria a  $20^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$  e  $75 \pm 2\%$  UR. UFERSA, Mossoró-RN, 2019. ....40

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>15</b>
2.1	Aspectos gerais sobre a batata-doce .....	15
2.2	Fatores pré-colheita na qualidade da batata-doce.....	16
2.2.1	Fósforo .....	17
2.3	Qualidade pós-colheita .....	18
2.3.1	Técnicas de armazenamento nas raízes tuberosas .....	19
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>22</b>
3.1	Experimento 1 .....	23
3.2	Experimento 2 .....	25
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>27</b>
4.1	Experimento 1 .....	27
4.1.1	Produtividade .....	27
4.1.2	Perda de massa.....	28
4.1.3	Teor de matéria seca .....	28
4.1.4	Firmeza de raízes .....	29
4.1.5	Coloração da casca .....	29
4.1.6	Sólidos solúveis .....	32
4.1.7	Acidez titulável .....	32
4.1.8	pH .....	33
4.1.9	Relação sólidos solúveis/acidez titulável (SS/AT) .....	33
4.1.10	Açúcares solúveis totais.....	35
4.1.11	Açúcares não-redutores .....	36
4.1.12	Açúcares redutores.....	36
4.1.13	Amido .....	36
4.2	Experimento 2 .....	39
4.2.1	Perda de massa.....	40
4.2.2	Matéria seca .....	41
4.2.3	Firmeza .....	41
4.2.4	Coloração da casca .....	41
4.2.5	Açúcares solúveis totais.....	43
4.2.6	Açúcares não-redutores .....	44
4.2.7	Sólidos solúveis .....	45

4.2.8	Acidez titulável.....	45
4.2.9	Relação SS/AT.....	45
4.2.10	pH .....	46
4.2.11	Amido .....	46
4.2.12	Açúcares redutores.....	46
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>48</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>49</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A batata-doce (*Ipomoea batatas* L. (Lam.)) é uma raiz de grande importância na alimentação humana, como fonte de energia, vitaminas e minerais. Além disso, é bastante utilizada na alimentação animal e na indústria de combustíveis e de alimentos, para a produção de amido, farinha, doces em pasta ou cristalizado, e por isso é de grande interesse econômico e social no mundo.

No Brasil são produzidos anualmente mais de 770 mil toneladas de raízes, principalmente nas regiões Sul, Sudeste e Nordeste do país. Embora seja uma planta perene, a batata-doce é cultivada como anual, com predomínio de variedades locais e não melhoradas. No Nordeste, devido ao baixo nível tecnológico empregado, a produtividade nessa região é abaixo do potencial produtivo da cultura, gerando produtos muitas vezes com baixa qualidade (CARDOSO et al., 2005; FILGUEIRA, 2008; SILVA et al., 2015). O desempenho (qualidade e produtividade) de cultivares e de clones de batata-doce está diretamente associado ao manejo correto de plantio, adubação, tratamentos culturais e condições ambientais (SILVA et al., 2012; SILVA et al., 2015). A nutrição mineral exerce grande importância na produtividade e qualidade dos produtos (AQUINO et al., 2006).

A baixa disponibilidade de fósforo nos solos brasileiros influencia o desenvolvimento da planta e conseqüente afeta o crescimento das raízes, o produto de interesse comercial (ERPEN et al., 2013). Os solos brasileiros são pobres em fósforo, devido ao material de origem e a forte interação com o solo, onde apenas 0,1% encontra-se em solução e disponível para absorção pelas plantas (CORRÊA et al., 2004). Dessa forma, grandes quantidades de fósforos são aplicadas via fertilização para minimizar a fixação desse elemento nos colóides do solo (NOVAIS et al., 2007).

O fósforo é um elemento essencial, e a batata-doce exige cerca de 20 a 47,5 kg de  $P_2O_5$  para produzir de 11 a 15 toneladas de raízes por hectare (SILVA et al., 2002). A deficiência de fósforo reduz a quantidade de biomassa produzida e, portanto, reduz significativamente o acúmulo de fotoassimilados na raiz, o que ocasiona perdas de produtividade (MARTINS et al., 1998; TAIZ; ZEIGER, 2013). Além do problema de redução na produtividade, há necessidade de estudos para verificar o efeito da adubação fosfatada na qualidade das raízes, bem como no período de conservação pós-colheita. Os estudos têm focado na influência da quantidade de fósforo aplicado na produtividade (EL-SAYED et al., 2011; OLIVEIRA et al., 2005), sem observar o efeito na qualidade das raízes após a colheita.

Prolongar a vida útil pós-colheita dos produtos agrícolas é importante para que os produtos alcancem mercados distantes. Isso tem sido feito com uso de tecnologias, como armazenamento refrigerado em câmaras frias e uso de embalagens, com atmosfera modificada ou controlada. Raízes de batata-doce quando armazenadas sem embalagem em câmaras frias com temperaturas de 13 a 16°C e 85 a 90% de umidade relativa, mantêm-se com qualidade por até 100 dias (SILVA et al., 2002). Entretanto, tem sido demonstrado que a deficiência de minerais durante o cultivo afeta a qualidade e a conservação dos produtos após a colheita (AULAR; NATALE, 2013).

O uso de revestimentos comestíveis também tem sido utilizado com o objetivo de estender a vida pós-colheita de produtos agrícolas, entretanto poucos estudos têm sido feitos com raízes de batata-doce. Os revestimentos comestíveis são produzidos com biopolímeros naturais (polissacarídeos, lipídios e proteínas), que são biodegradáveis (OLIVEIRA, 2017) e resultam em uma tecnologia limpa. Existem bastantes trabalhos na literatura que evidenciam efeito positivo no aumento da vida útil de vários produtos, como goiaba (FONSECA et al., 2016) e manga (SILVA, 2015). Os revestimentos atuam como barreira ao transporte de gases e vapor de água contribuindo para a manutenção da qualidade pós-colheita dos frutos (OLIVEIRA, 2017). Não obstante, é importante testar a viabilidade dos revestimentos na conservação de produtos vegetais haja vista que cada produto apresenta constituição e metabolismo específico (LUVIELMO; LAMAS, 2012).

Diante disso, este trabalho objetivou avaliar a influência da adubação fosfatada na produtividade, qualidade e conservação pós-colheita de raízes de batata-doce, e o uso de revestimento comestível na conservação pós-colheita.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Aspectos gerais sobre a batata-doce

A batata-doce (*Ipomoea batatas* L. (Lam.)) é originária das Américas Central e do Sul, sendo encontrada desde a Península de Yucatán, no México, até a Colômbia (SILVA; LOPES; MAGALHÃES, 2008).

A batata-doce é a quinta cultura mais produzida em termos de peso fresco nos países em desenvolvimento após o arroz, o trigo, o milho e a mandioca (FAO, 2014). Produz mais matéria seca, proteína e minerais por unidade de área em relação aos cereais, rica em fonte de amido, metabolitos secundários e em moléculas pequenas que desempenham papel importante para a saúde humana, funcionando como um alimento funcional (OKE; WORKNEH, 2013).

A China é responsável por 63,8% da produção mundial de batata-doce, com produção de 72 milhões de toneladas de raízes e produtividade média de 21,4 toneladas por hectare (FAO, 2017). No Brasil a produção supera 776 mil toneladas, provenientes principalmente das regiões Sul (35,7%) e Nordeste (31,1%) do país (IBGE, 2017). Em 2017, a área colhida no Nordeste foi de 22.555 ha, com produtividade média de 10,713 kg h<sup>-1</sup>, abaixo da média nacional (14.515 kg ha<sup>-1</sup>) (IBGE, 2017).

Além de serem consumidas na alimentação humana, as raízes de batata-doce são utilizadas na alimentação animal, produção de combustível e produção de amido (KHOURY et al., 2015). E na indústria de alimentos, as raízes são utilizadas na fabricação de doce em pasta ou cristalizado, ou transformada em amido ou farinha (SILVA et al., 2004).

A batata-doce é uma cultura perene e suas raízes tuberosas apresentam crescimento contínuo após o início da tuberização, porém, é cultivada como anual, por apresentarem uma sigmoide de crescimento, atingindo o maior teor de matéria seca e de carboidrato quando as plantas atingem o patamar sigmoidal (CORRÊA, 2016; QUEIROGA et al., 2007).

O sistema radicular possui raízes de dois tipos, as fibrosas, responsáveis pela absorção de água e nutrientes, e as tuberosas, pelo acúmulo de reservas. As raízes tuberosas se originam dos nós, podem apresentar vários tipos de formatos, cores de película externa e cores de polpa, e poucas raízes secundárias, e constituem a parte comercial da planta. As raízes absorventes se formam a partir do meristema cambial, tanto nos nós quanto nos entrenós. Essa característica leva a uma rápida diminuição da reserva de nutrientes do solo, refletindo na queda de produção dos cultivos sucessivos na mesma área, exigindo maior demanda por nutrientes (SILVA; LOPES; MAGALHÃES, 2002).

A tuberação das raízes pode ser iniciada entre 40 e 70 dias após o plantio, a depender das condições ambientais e cultivar (ERPEN et al., 2013). Depois deste período, toda a energia é direcionada para o acúmulo de carboidratos das raízes, ocasionando uma redução da densidade foliar, pois a planta transloca os fotoassimilados para as raízes tuberosas (ECHER, 2015).

Em geral a colheita ocorre entre 120 e 150 dias após o plantio, com o amarelecimento das folhas e posterior queda. A antecipação, geralmente, corresponde às raízes menores e, conseqüentemente, produtividade menor, já a prorrogação do ciclo pode aumentar o ciclo das pragas, além da formação de raízes grandes e mal formadas. A melhor idade depende do cultivar e das condições ambientais de cultivo, dos preços de mercado e da destinação final do produto (RESENDE, 2000; SILVA; LOPES; MAGALHÃES, 2008).

De acordo com Queiroga et al. (2007), batatas-doces cultivadas em Mossoró (RN) e colhidas aos 155 dias após o plantio foram mais produtivas, com produtividades total e comercial de 20,7 e 17,7 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Em Santa Catarina, com 150 dias, a produtividade média comercial pode variar de 11 a 38 t ha<sup>-1</sup> com peso médio de 375 a 660 g (SILVA et al., 2015).

Nos principais mercados brasileiros (Rio de Janeiro e São Paulo) não existem normas oficiais de padronização de tamanho, mas utilizam-se as seguintes: Extra A - 301 a 400 g, Extra B - 201 a 300g, Especial - 151 a 200g e diversos - 80 a 150g ou maiores que 400g (SILVA; LOPES; MAGALHÃES, 2008).

Já em 2014 com as Normas de Classificação do Programa Brasileiro para a Modernização da Horticultura, classificou e padronizou a batata-doce em grupo, organização dos cultivares; classes ou calibre, caracterização e homogeneidade dos tamanhos; tipo ou categoria, garantia de padrão mínimo de qualidade (defeitos graves ou leves) (CEAGESP, 2015).

## **2.2 Fatores pré-colheita na qualidade da batata-doce**

O manejo pré-colheita é de suma importância haja vista que pode afetar a qualidade do produto colhido, pois compreende os cuidados com a cultura entre o plantio e a colheita. Assim, o uso adequado de espaçamento de semeadura, controle de pragas, doenças e ervas daninhas, adubação e irrigação, além aos fatores ambientais são importantes para a obtenção de produtos com qualidade (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

A batata-doce é considerada rústica por apresentar bom desempenho quando cultivadas em solos com baixa fertilidade, no entanto, mostrando-se responsiva à adubação (FILGUEIRA,



2003). Os nutrientes exigidos em maiores quantidades pela cultura da batata-doce são o fósforo, potássio, nitrogênio e cálcio e entre os micronutrientes destacam-se o manganês, o boro e o zinco (CORRÊA et al., 2015).

A nutrição equilibrada, tanto em macro como em micronutrientes proporciona aumento da produção e melhora a qualidade do produto em vários aspectos (MALAVOLTA, 2006). A adubação influencia, principalmente os teores de amido, principal componente da raiz da batata-doce, além de outros componentes como, sacarose, glicose, frutose e maltose (CEREDA et al., 2001).

### 2.2.1 Fósforo

O fósforo é um elemento essencial para as plantas, com função de armazenar energia da fotossíntese e respiração, assim como energia para reações de síntese de proteínas, fixação biológica de nitrogênio e absorção de íons (BARKER; PILBEAM, 2015).

A aplicação de fósforo via fertilização estimula o desenvolvimento radicular e, conseqüentemente, aumenta a produtividade das culturas (ZHANG et al., 2016). A deficiência desse mineral reduz a fixação de CO<sub>2</sub> (fotossíntese) e a área foliar. Isto ocasiona níveis de fósforo inorgânico baixo no citosol, o que afeta a regulação da atividade de várias enzimas envolvidas no metabolismo de sacarose e amido e o transporte de carbono (JAKOBSEN et al., 2016). Provoca ainda atraso no crescimento, e nas folhas velhas surgem áreas cloróticas com manchas necróticas, ocorrendo desfolha prematura, reduzindo a produção de raízes comerciais. Não são visualizados os sintomas do excesso de fósforo nas plantas, mas pode induzir deficiência de micronutrientes como cobre, ferro, manganês e zinco (MALAVOLTA, 2006).

Os fosfatos adicionados como fertilizantes se dissolvem e passam para a solução do solo, estando prontamente disponíveis para as plantas. Conforme são absorvidos, sua concentração é reduzida e se adsorvem aos coloides do solo, tornando-se indisponíveis às plantas, necessitando serem repostos ao longo dos ciclos (RAIJ, 2011).

A batata-doce é responsiva à fertilização, e eficiente na absorção de P, com elevação da produtividade. Aplicação de fósforo influencia significativamente na matéria seca da parte aérea, matéria seca da raiz e produtividade total de raízes tuberosas (NASCIMENTO, 2013). Estima-se a extração de 20 a 47,5 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> para a produção de 11 a 15 t ha<sup>-1</sup> (SILVA; LOPES; MAGALHÃES, 2002) e 231 a 259 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> para 18,9 a 23,5 t ha<sup>-1</sup> de raízes tuberosas (OLIVEIRA et al., 2005).

### 2.3 Qualidade pós-colheita

A qualidade pós-colheita das hortaliças pode ser averiguada de forma objetiva e subjetiva. A determinação dos parâmetros de coloração (luminosidade, croma e ângulo hue), firmeza, concentração dos açúcares totais, acidez, teores de sólidos solúveis, pH, teores de açúcares redutores (glicose e frutose) e amido são em geral avaliados na ocasião da colheita e durante o período de armazenamento pós-colheita do produto. A quantidade do teor de açúcares individuais (glicose, frutose e sacarose) é importante quando se objetiva avaliar o grau de doçura do produto, pois o poder adoçante desses açúcares é variado e aumenta na sequência glicose: sacarose: frutose (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

A luminosidade (coordenada L) da casca ou brilho pode variar de branco (0) a preto (100) (AINA et al., 2009). Já o croma é toda a gama de cores representativa do universo sendo que, quanto maior o valor, mais intensa é a cor (MINOLTA CORP, 2007). Por outro lado, o ângulo *hue* é um parâmetro que indica a tonalidade da cor do fruto, frequentemente, usado para caracterizar a cor nos produtos alimentares (MEDEIROS et al., 2003). A batata-doce, de coloração roxa, apresenta níveis elevados de antocianinas aciladas e outros fenólicos (GRACE et al., 2014). Essas raízes apresentam os mais elevados conteúdos de flavonoides, variando de 45,41 a 579,5  $\mu\text{g g}^{-1}$ , e de antocianinas variando de 32 a 1390 mg 100  $\text{g}^{-1}$  de matéria seca, dependendo das cultivares (PARK et al., 2016).

De acordo com Luengo e Calbo (2011), a acidez é atribuída à quantidade de ácidos orgânicos, normalmente determinada por meio de titulação (com NaOH), obtendo-se acidez total, com o resultado expresso em percentagem do ácido predominante, como ácido cítrico, ácido málico, ácido oxálico, ácido pirúvico. Esses ácidos são acumulados durante o crescimento e utilizados como substratos respiratórios durante o amadurecimento, processo que ocasiona a redução dos mesmos.

Os sólidos solúveis (expressos em % ou °Brix) indicam a quantidade dos sólidos que se encontram dissolvidos no suco ou polpa das frutas e hortaliças. São constituídos em sua maior parte por açúcares, varia conforme a espécie, cultivar e estágio de maturação (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Os carboidratos são o componente predominante das raízes da batata-doce, o amido é responsável por aproximadamente 80% da matéria seca da raiz, variando de 42,4 a 77,3 g por 100 g de matéria seca (WANG; NIE; ZHU, 2016). Sacarose, maltose e glicose representam açúcares predominantes, que resultam no sabor doce da raiz da batata doce. Das raízes frescas de três variedades, o teor de amido foi o mais alto (56,9-60,0 mg  $\text{g}^{-1}$  de peso seco), seguido de

glicose (2,7-4,7 mg g<sup>-1</sup> de peso seco), frutose (1,4-4,0 mg g<sup>-1</sup> de peso seco) e maltose não foi detectável (DINCER et al., 2011).

A batata-doce pode ser uma excelente fonte de carotenoides, incluindo  $\beta$ -caroteno, xantofilas, luteína e zeaxantina. Os conteúdos variam de 0,4 a 72,5  $\mu\text{g g}^{-1}$  de peso fresco, encontradas em variedades de cor de laranja, amarela e branca (TOMLINS et al., 2011).

A prevenção de perdas e manter a qualidade dos produtos à mesa do consumidor necessita-se o gerenciamento cuidadoso das etapas de produção, passando pela colheita até a chegada ao mercado final, pois as características físico-químicas sofrem alterações naturais após a colheita (CENCI, 2006).

Após a colheita é necessário submeter às raízes colhidas no processo preliminar de cura (processo aumenta as características culinárias do produto em termos de cor, textura, sabor, aroma e teor de fibra) que consiste em expor as raízes a uma umidade relativa de 85 a 90% e a temperatura de 31°C por 4 a 7 dias, esse processo promove a produção de suberina, substância benéfica que protege o órgão vegetal de desidratação e ataque de microrganismos reduzindo a incidência de doenças durante o armazenamento (YOUSSEFI et al., 2016).

### 2.3.1 Técnicas de armazenamento nas raízes tuberosas

A batata-doce é extremamente perecível por apresentar elevada taxa respiratória após a colheita, e estão sujeitos a grandes perdas durante o transporte, armazenamento e venda (RAY et al., 2010). A casca fina da batata-doce é facilmente danificada no manuseio durante a colheita e pós-colheita (TORTOE et al., 2010).

Em geral, após a cura as raízes são transportadas para o armazenamento refrigerado. No entanto, existe uma faixa de temperatura e umidade relativa ideal para a conservação dos produtos vegetais. A batata-doce, quando mantida a temperaturas inferiores de 13°C pode apresentar sintomas de injúria pelo frio, ocasionando o colapso dos tecidos, sabor azedo e susceptibilidade à microrganismos como fungo (*Alternaria* spp), além de supressão da capacidade de cicatrização. Em altas temperaturas pode ocorrer a brotação das raízes (MADAL, 2014; SOUZA et al., 2008). A variação da umidade relativa com a ventilação do local precisa ser controlada para que o ambiente não fique seco demais (ALMEIDA, 2005).

O armazenamento pode agregar valor de aproximadamente 50% no preço da batata-doce comparando-se com a época da colheita (CIP, 2016). Em temperatura ambiente e alta umidade relativa, se acondicionadas em estruturas tradicionais, a batata-doce se conserva por 3 a 4 meses (HALL; DEVERAUS, 2000; VAN OIRSCHOT, 2000).

A aplicação de revestimentos comestíveis tem permitindo uma maior flexibilidade de manuseio e comercialização por elevar o tempo de conservação (LUVIELMO; LAMAS, 2012), todavia é necessário estudos que viabilizem a obtenção de soluções filmogênicas que propiciem elevada vida útil dos produtos (OLIVEIRA et al., 2018).

A utilização de revestimento comestíveis em frutas e hortaliças frescas visa minimizar a perda de umidade e reduzir as taxas de respiração, além de conferir aparência brilhante e atraente, e aumentar o período de armazenamento (AZEREDO, 2003). Segundo Junior et al. (2010), a aplicação de revestimento em frutas pode ser feito de duas formas: por meio de imersão rápida do fruto em uma solução filmogênica (depois o alimento é deixado em repouso até que a água evapore e a película se forme sobre a fruta) ou por meio de aspersão, cujo processo é semelhante, porém a solução é aspergida sobre o alimento.

Os compostos mais utilizados na elaboração de revestimentos comestíveis são as proteínas (gelatina, caseína, ovoalbumina, glúten de trigo, zeína e proteínas miofibrilares), os polissacarídeos (amido e seus derivados, pectina, celulose e seus derivados, alginato e carragena), os lipídios (monoglicerídeos acetilados, ácido esteárico, ceras e ésteres de ácido graxo) ou a combinação destes compostos, o que permite utilizar vantajosamente as distintas características funcionais de cada classe. E os plastificantes (glicerol e o sorbitol) utilizados para melhorar as propriedades físicas ou mecânicas, como flexibilidade, força e resistência do revestimento (LUVIELMO; LAMAS, 2012).

A fécula de mandioca é um produto amiláceo extraído das partes subterrâneas de vegetais (tubérculos, raízes e rizomas), dos quais representa de 65 a 85% da composição (LAJOLO; MENEZES, 2006), constituída por dois polissacarídeos, a amilose e a amilopectina, polímeros formados por  $\alpha$ -glicose com a eliminação da água (ZAVAREZE et al, 2009). Apresenta-se em grânulos de coloração branca, insípidos, inodoros e formam uma suspensão leitosa quando em contato com a água fria (JARAMILLO et al., 2016).

Castricini et al. (2010) avaliaram a influência de revestimentos de fécula de mandioca (1%, 3% e 5%) no amadurecimento de mamões inteiros, *Carica papaya* L., durante 14 dias de armazenamento, observou-se que os revestimentos de 3% e 5% reduziram a perda de massa fresca mantendo a coloração verde durante o armazenamento.

Vieira et al. (2009) avaliaram o uso de revestimento comestível com óleo de girassol 0,05% e fécula de mandioca em manga Tommy Atkins em condições ambiente, observou-se que reduziu a perda de massa e retardando a evolução da coloração externa.

Oliveira et al. (2018) avaliaram a aplicação da cobertura de fécula de mandioca 2,0% incorporada com cera de abelha por 15 dias mostrou-se benéfica na manutenção de qualidade

de goiabas “Paluma” por um maior período de armazenamento, retardando sua perda de massa e mantendo-as em níveis de alta qualidade quando da capacidade da cobertura de atuar como uma barreira protetora. Caracterização físico-química e organoléptica das goiabas comprovou os melhores resultados e indicou um prolongamento da vida útil desses frutos.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento de campo foi conduzido de maio a setembro de 2017 na fazenda Cumaru, localizada nas coordenadas 5° 38' 32" Sul, 37° 15' 27" Oeste e 119 m de altitude, município de Upanema, região do Agropolo Mossoró-Assú, estado do Rio Grande do Norte. O clima predominante na região, segundo a classificação climática de Köppen, é do tipo BSw<sup>h</sup>, ou seja, quente e seco. Os dados meteorológicos coletados ao longo do experimento são mostrados na Tabela 1.

Tabela 1. Temperaturas máxima, média e mínima do ar e umidade relativa do ar em Upanema - RN durante o período de maio a setembro de 2017. Upanema – RN, 2017.

Mês	Temperatura (°C)			Radiação Global Total (MJ m <sup>-2</sup> dia <sup>-1</sup> )	Umidade Relativa (%)	Precipitação (mm)
	Máx	Méd	Min			
Maio	32,9	28,2	24,8	18,76	65,8	18
Junho	32,4	27,9	22,5	17,51	60,4	17,4
Julho	31,7	27,7	23,8	19,27	56,4	35
Agosto	33,6	28,9	24,2	19,09	52,6	2,8
Setembro	35,3	28,7	23,8	18,67	58,8	0,0

Dados obtidos em estação meteorológica de Apodi/INMET distante 60 km do local experimental.

O solo da área experimental é um Cambissolo Háplico Eutrófico típico (SILVA, 2018) e apresentava as seguintes características químicas na camada de 0 a 20 cm: pH (H<sub>2</sub>O) = 7,0; P = 12,8 mg kg<sup>-1</sup>; K = 221,4 mg dm<sup>3</sup>; Na<sup>+</sup> = 20,5; Ca<sup>2+</sup> = 7,3; Mg<sup>2+</sup> = 1,6; Al<sup>3+</sup> = 0,0; (H + Al) = 0,33; SB = 9,56; CTC = 9,9; t = 9,56 cmol<sub>c</sub> dm<sup>3</sup>; V = 97; m = 0,0; PST = 1,0%.

O trabalho foi dividido em duas etapas: campo e laboratório. No campo, foi instalado o experimento em blocos casualizados com quatro repetições. Os tratamentos consistiram da aplicação de cinco doses de fósforo (0, 40, 80, 120 e 160 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) aplicadas em fundação na forma de superfosfato triplo (41% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). A adubação foi realizada segundo as recomendações de Ribeiro et al. (1999), em sulco escovado sobre o camalhão de plantio a uma profundidade de 0,10 m.

As plantas foram cultivadas utilizando espaçamento de 0,3 m entre plantas e 1,0 m entre linhas. A unidade experimental foi constituída por uma linha de 7,0 m, tendo como área útil um comprimento central de 3,0 m, mantendo as demais plantas como bordadura dentro da parcela.

No plantio foi utilizada uma cultivar local conhecida como batata roxa, por ter casca roxa e polpa branca, cultivada e comercializada na região. As ramas empregadas no plantio

foram cortadas com 40 cm de comprimento e transplantadas nas linhas, enterrando em torno de 10 cm de sua base.

O sistema de irrigação adotado foi o de gotejamento formado por um cabeçal de controle compostos por injetor de fertilizantes tipo tanque de derivação, filtro, manômetro e válvulas, linhas de gotejadores espaçados de 0,3 m, com vazão média de 1,65 L h<sup>-1</sup> sendo utilizada uma linha lateral por fileira de plantas. A lâmina de irrigação aplicada foi determinada em função da evapotranspiração da cultura diária, conforme Allen et al. (2016).

A colheita foi realizada 140 dias após o plantio (DAP). Após a colheita, as raízes foram classificadas, com base no peso, em: refugo (menos de 80 g), comercial (entre 80 e 400 g) e grandes (mais de 400g), para determinação de suas respectivas produtividades, expressa em kg ha<sup>-1</sup>. Em seguida, as raízes classificadas como comerciais foram transportadas para o Laboratório de Tecnologia de Alimentos da UFRSA.

No laboratório, as raízes foram separadas em dois grupos (experimento 1 e 2). Inicialmente as raízes passaram por um processo de limpeza para retirada de sujidades com uso de uma escova de cerdas macias. Em seguida, o comprimento e o diâmetro das raízes foram medidos com auxílio de régua milimétrica e paquímetro digital, respectivamente, e os valores foram expressos em cm.

### **3.1 Experimento 1**

No experimento 1, com o objetivo de avaliar o tempo de conservação pós-colheita, as raízes foram armazenadas por 80 dias em temperatura de 20±2°C e umidade relativa de 75±2%. A cada 20 dias (0, 20, 40, 60, 80 dias após a colheita), foram avaliadas as seguintes características de qualidade: perda de massa (PM), firmeza, cor da casca, teor de sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), relação SS/AT, pH, açúcares solúveis totais, açúcares redutores e amido.

A perda de massa foi expressa pela diferença entre a massa das raízes no tempo inicial e aquela obtida em cada época, sendo expressa em porcentagem (%).

A firmeza da casca foi medida com auxílio de um penetrômetro da marca McCormick, modelo FT 327 analógico, utilizando uma ponteira de 8 mm de diâmetro. Foram realizadas três leituras em locais aleatórios e equidistantes das raízes e os resultados foram expressos em Newton (N).

A coloração da casca foi determinada por colorimetria, com uso de colorímetro CR-10 (Konica Minolta®, Japão), calibrado em superfície de porcelana branca sob condições de iluminação. As leituras expressas em L\*, a\*, b\*, C e °H, em que: L corresponde à luminosidade,

variando de 0 (preto) a 100 (branco); c, o croma, variando de 0 (cor impura) a 60 (cor pura); e °H, o ângulo Hue, onde 0° (vermelha), 90° (amarelo), 180° (verde) e 270° (azul) (MINOLTA CORP, 2007). As medidas foram feitas tomando-se dois pontos equidistantes, considerando a média das três leituras.

Uma amostra das raízes foi homogeneizada em centrífuga de frutos, e uma alíquota do suco obtido foram utilizadas para determinação do teor de sólidos solúveis com auxílio de um refratômetro digital modelo PR-100 Palette (Attago Co. Ltd., Japan), com correção automática de temperatura e escala variando de 0 até 32%. Os resultados foram expressos em porcentagem (%). O pH (potencial hidrogeniônico) foi determinado diretamente no suco, utilizando-se um potenciômetro digital de bancada, para estimar o teor de íons  $H^+$ . A acidez titulável (AT) foi determinada por titulação com NaOH (0,02 N) de uma alíquota de 10 g de suco, em duplicata, à qual foram adicionados 40 mL de água destilada e em seguida, procedeu a titulação com solução de NaOH a 0,02 N. O ponto final da titulação foi determinado com o auxílio do potenciômetro digital até o pH atingir 8,1. Os resultados foram expressos em % de ácido cítrico. As metodologias seguiram conforme Zenebon, Pascuet e Tiglea (2008). A relação (SS/AT) foi determinada por meio do cálculo da razão entre as duas variáveis, SS e AT.

Os açúcares solúveis (AS) foram determinados pelo método da Antrona, conforme Yemn e Willis (1954). Utilizou-se 1 grama de polpa diluída com água destilada até 100 mL. Em seguida, retirou-se uma alíquota de 100  $\mu$ L para as leituras em espectrofotômetro com comprimento de onda de 620 nm, utilizando como padrão a glicose e resultados expressos em porcentagem (%).

Os açúcares redutores (AR) foram determinados pelo método de Somogy-Nelson (SOUTHGATE, 1991). Utilizou-se suco de polpa diluída com água destilada até 100 mL. Em seguida, retirou-se uma alíquota de 100  $\mu$ L para as leituras em espectrofotômetro com comprimento de onda de 540nm, utilizando como padrão a glicose e resultados expressos em porcentagem (%).

O amido foi determinado conforme metodologia de Figueira (2009) com modificações. As amostras constaram de 10 g de polpa, adicionado em balão volumétrico de 50 ml. Em cada balão, eram adicionados 15 ml da solução de cloreto de cálcio/ácido acético (solução 40% de cloreto de cálcio ajustada para pH 3,0 com solução de ácido acético 0,033 mol/l). Após a homogeneização, os balões fechados seguiram para o banho-maria com água em ebulição por 15 minutos. Em seguida, foram resfriados em água corrente até temperatura ambiente e adicionados 10 ml de solução de ácido acético 0,033 mol/l (na amostra) e água deionizada (branco) até completar o volume. Adicionaram-se, exceto no branco (sem amostra de batata-



doce), 10 ml de solução de iodeto/iodato de potássio (composta por 10,0 ml de solução 10% de iodeto de potássio em 90 ml de água deionizada e 100 ml de solução de iodato de potássio 0,0017mol/l) e o volume foi completado com água deionizada. Após homogeneização, a absorbância das soluções foi medida a 700 nm no intervalo de 10 a 20 min após a adição de iodeto/iodato.

A curva de calibração foi determinada, com amido PA, após preparo de soluções padrão de 200 ou 1000 mg/l para obtenção de concentrações de amido de 2; 12; 20; 32; 56; 80 e 128 ppm. Uma alíquota de 10 ml foi acrescentada em balão volumétrico de 50 ml, adicionados após 15 ml de solução de cloreto de cálcio/ácido acético; seguiu-se para o banho-maria em ebulição até 15 minutos e, após resfriados em água corrente até temperatura ambiente, foram adicionados 10 ml de solução de ácido acético 0,033 mol/L e 10 mL de solução de iodeto/iodato de potássio, completando-se o volume com água deionizada. Após homogeneização, foi realizada a leitura em absorbância de 700 nm, no intervalo de 10 a 20 min após a adição da solução de iodeto/iodato, utilizando água destilada como branco. O teor de amido (mg/100g) foi calculado extrapolando as absorbâncias de cada amostra na equação da reta ( $y = 0,101x + 0,059$ ,  $r_2 = 0,995$ ), obtida na curva de calibração.

O delineamento experimental utilizado para o experimento foi em blocos casualizados em esquema de parcelas subdivididas (5 x 5), com quatro repetições. As parcelas foram compostas pelas doses de fósforo aplicadas no cultivo da batata-doce (0, 40, 80, 120 e 160 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), e as sub-parcelas foram compostas pelas avaliações pós-colheita durante o armazenamento (0, 20, 40, 60 e 80 dias após a colheita). Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F de Snedecor ao nível de 5% de probabilidade, e foram feitas equações de regressão para avaliar o efeito das doses de fósforo e dos tempos de armazenamento. As análises foram realizadas utilizando o programa R versão 3.5.2. Os gráficos foram confeccionados usando o programa SigmaPlot versão 12.0 (Systat, 2011).

### **3.2 Experimento 2**

Um segundo experimento conduzido no laboratório de tecnologia de alimentos teve como objetivo de avaliar o potencial do biofilme em ampliar a vida de prateleira das raízes. Neste experimento, foram utilizadas apenas as raízes provenientes das plantas que receberam adubação com 80 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, que é a dose recomendada para a cultura na região.

O revestimento comestível foi composto por uma mistura de fécula de mandioca (3%), glicerol (20% sobre o biopolímero), cera de carnaúba (5% em relação a massa seca) e óleo de canola saponificado (2,5% em relação a massa seca). A solução filmogênica de fécula de

mandioca foi formada com base na metodologia adaptada de Chiumarelli e Hubinger (2014), a partir da adição 3% de fécula de mandioca a 75°C, em água destilada, o recipiente foi mantido em agitação constante. O glicerol foi adicionado ao mesmo recipiente numa concentração de 20% em relação à massa seca de biopolímero para a formulação. Em outro recipiente, cera de carnaúba uma concentração de 5% em relação à massa seca de biopolímero e tensoativo aniônico óleo de canola saponificado (OCS) que foi obtido pela metodologia de saponificação adaptada de (KULKARNI, PUJAR; SHANMUKHAPPA, 2009) foram misturados a 85°C. As misturas foram vigorosamente agitadas a 2000 rpm em um termoagitador até completa geleificação; em seguida, as suspensões foram misturadas e novamente homogeneizadas por 3 minutos. Para evitar a formação de bolhas ou a má uniformização, as soluções filmogênicas foram colocadas em banho ultrassônico por 10 minutos.

Após o preparo da solução, as raízes foram imersas e em seguidas dispersas em recipientes com lotes uniformemente separados para secagem. Depois de secas, as raízes cobertas com revestimento comestível foram armazenadas por 80 dias em câmara fria a  $20^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$  e  $75 \pm 2\%$  UR.

Semelhante ao primeiro experimento, a cada 20 dias (0, 20, 40, 60, 80 dias após a colheita), foram avaliadas as seguintes características de qualidade: perda de massa, firmeza, cor da casca, teor de sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), relação SS/AT, pH, açúcares solúveis totais, açúcares redutores e amido. Para ambos os experimentos foram utilizadas as mesmas metodologias de análises laboratoriais.

Assim como para ambos os experimentos foram retiradas uma amostra de oito raízes de cada tratamento, ao acaso, a cada 20 dias para realização das análises pós-colheita.

O delineamento utilizado para o experimento inteiramente casualizado em esquema de parcelas subdivididas (2 x 5), com 4 repetições. O biofilme foi aplicado na parcela (com e sem revestimento biofilme), e na subparcela foram aplicadas as avaliações pós-colheita durante o armazenamento (0, 20, 40, 60 e 80 dias após a colheita).

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F de Snedecor ao nível de 5% de probabilidade, o uso do revestimento comestível foi comparado pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade e para comparar o uso do biofilme com e sem biofilme para o uso do biofilme foi feito o teste  $\text{LSD}_{0,05}$  e foi feito equações de regressão para avaliar o efeito dos dias de armazenamento. As análises foram realizadas utilizando o programa R versão 3.5.2. Os gráficos foram confeccionados usando o programa SigmaPlot versão 12.0 (Systat, 2011).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Experimento 1

#### 4.1.1 Produtividade

Neste estudo a aplicação de até 160 kg ha<sup>-1</sup> de fósforo não ocasionou incremento significativo na produtividade de raízes de batata-doce. As plantas produziram em média 21.719,3 kg ha<sup>-1</sup> de raízes tuberosas, e o percentual médio de raízes comerciais (48,4%), grandes (44,1%) e de refugo (7,5%) foi mantido em todas as doses de fósforo aplicadas.

A produtividade total de raízes nesse estudo superou a média nacional de 14.515 kg ha<sup>-1</sup> obtida na safra de 2017 (IBGE, 2017). Respostas positivas na produtividade são obtidas quando a batata-doce é cultivada em solos com baixa fertilidade em fósforo; em solos com fertilidade natural de média a alta (11-20 mg kg<sup>-1</sup>) não há resposta à adubação fosfatada (OLIVEIRA et al., 2005). Segundo o IPA (2008), quando o nível de P no solo está entre 11 e 20 mg dm<sup>-3</sup>, deve-se aplicar 40 e 30 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> no plantio e cobertura, respectivamente, para obter uma produtividade esperada de 17 t ha<sup>-1</sup>, utilizando espaçamento de 1,0 x 0,25 m.

Neste estudo a aplicação de até 160 kg ha<sup>-1</sup> de fósforo não ocasionou incremento significativo na produtividade de raízes de batata-doce. As plantas produziram em média 21.719,3 kg ha<sup>-1</sup> de raízes, e o percentual médio de raízes comerciais, grandes e de refugo foi mantido em todas as doses de fósforo aplicadas. A produtividade de raízes neste estudo não foi incrementada pela aplicação do P, porque a quantidade de P (12,8 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> kg<sup>-1</sup> solo) que já havia disponível no solo supriu a necessidade desse nutriente para a planta.

Vários pesquisadores observaram incremento na produtividade de raízes de batata-doce em resposta à adubação fosfatada (OLIVEIRA et al., 2005; OLIVEIRA et al., 2006; EL-SAYED et al., 2011; CRUZ et al., 2016). No entanto, foram utilizadas doses de 190 a 250 kg ha<sup>-1</sup>, superiores as utilizadas neste estudo, para se obter produtividade semelhante.

Cruz et al. (2016) observaram um incremento de 11,6% na produtividade total e comercial (24,4 e 16,7 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente) da batata-doce 'Beauregard' quando as plantas foram adubadas com até 190 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Esse incremento ocorreu porque o teor de P no solo onde as plantas foram cultivadas estava em níveis baixos (14 g dm<sup>-3</sup>, em resina), o que fez com que a planta respondesse positivamente à adubação fosfatada.

Em um solo com níveis ainda mais baixos de P (3,7 mg dm<sup>-3</sup>), foi necessário que doses mais altas de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> fossem aplicadas (260 kg ha<sup>-1</sup>) para que os pesquisadores obtivessem

produtividades semelhantes (total e comercial de 23,5 e 18,9 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente) (OLIVEIRA et al., 2005).

El-sayed et al. (2011) observaram incremento na produtividade total e comercial de raízes de batata-doce, na porcentagem de matéria seca, no diâmetro das raízes, com a aplicação de fósforo.

Oliveira et al. (2006), também observaram incremento na produtividade comercial de raízes de batata-doce com o aumento nas doses de P. A produtividade comercial de raízes de batata-doce, em resposta às doses de fósforo no sistema de plantio com uma rama/cova, foi de 18,7 t ha<sup>-1</sup>, obtida com 210 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, no sistema de plantio com duas ramas/cova, essa produtividade foi de 18,9 t ha<sup>-1</sup>, alcançada com 231 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> para solo com teor de P de 3,7 mg dm<sup>-3</sup>.

#### 4.1.2 Perda de massa

Considerando as doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, a perda de massa foi de 2,31% para todas as doses. A perda de massa das raízes de batatas-doces não foi influenciada pelas dose de fósforo (Figura 1 B). Todavia, houve incremento significativo de perda de massa com o tempo de armazenamento (Figura 1 A). As raízes foram colhidas com massa média de 263,4 g, mas após 80 dias de armazenamento a massa fresca reduziu para 241,9 g, o que correspondeu a uma perda de massa de 8,8% (Figura 1 A). O nível aceitável de perda varia com o tipo de produto, geralmente taxas entre 5 e 10% são suficientes para reduzir a qualidade da maioria dos produtos hortícolas (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

A perda de massa é resultado da perda de processo natural nos órgãos vegetais pela atividade respiratória e transpiração durante o armazenamento (CHEEMA et al., 2013; STATHERS, 2013).

#### 4.1.3 Teor de matéria seca

A porcentagem de matéria seca não variou com as doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e não variou durante o armazenamento, e nem às doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Figura 1 C e D). As raízes apresentaram em torno de 44,26% de matéria seca em relação ao peso fresco. Esses resultados estão de acordo com Öztürk et al. (2010), que com aplicação de até 180 kg ha<sup>-1</sup> de P também não observaram alterações nesse atributo.

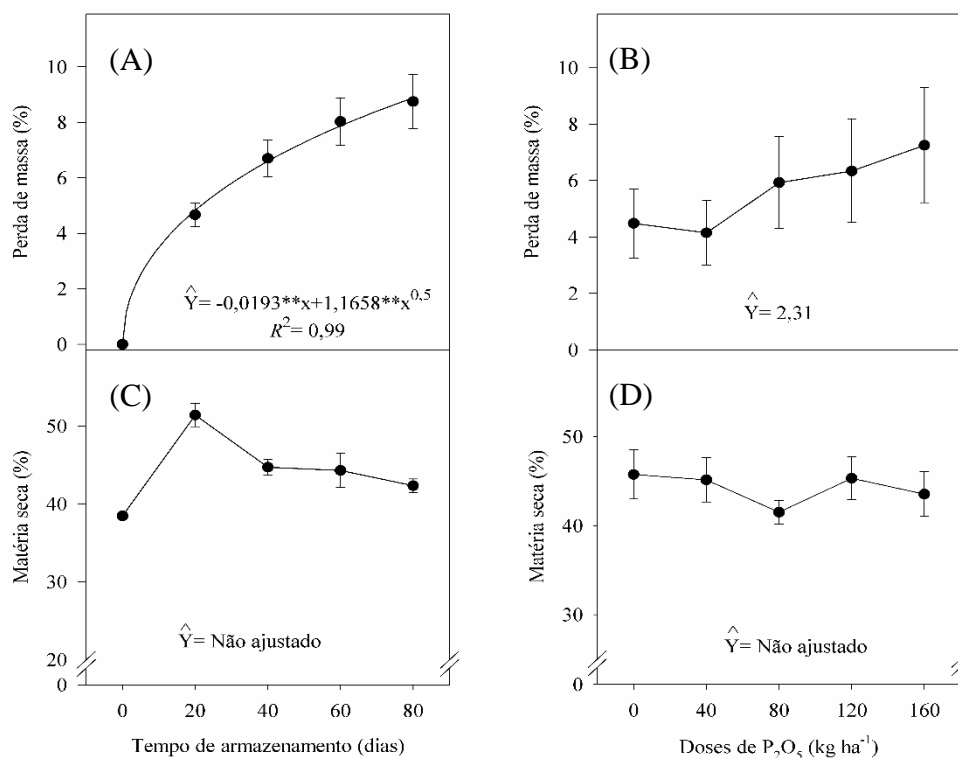


Figura 1. Perda de massa e matéria seca de raízes de batata-doce em função do tempo de armazenamento e doses de  $P_2O_5$ . Dados são médias  $\pm$  erro padrão. \*\*, \* e ° indicam significância dos parâmetros do modelo pelo teste  $t$  ( $P \leq 0,01$ ;  $P \leq 0,05$ ;  $P \leq 0,1$ , respectivamente).

#### 4.1.4 Firmeza de raízes

A firmeza não variou com as doses de  $P_2O_5$ , apresentando média de 127,26 N (Figura 2 A). De acordo Albuquerque (2018), essa firmeza pode ser mantida quando as raízes estão protegidas de fatores externos. Da mesma forma, a firmeza não variou durante o armazenamento (Figura 3 A). Esses resultados discordam com os de Santos et al. (2017) que observaram uma redução da firmeza em raízes de batata-doce armazenadas por 15 dias a 25° e 85% de umidade relativa, temperatura mais alta do que à utilizada neste trabalho. Assim, armazenamento a 20 °C mantém as raízes firmes por mais tempo. Maior firmeza está ligada ao aumento do teor de lignina, a qual além de resistência a compressão, fornece também rigidez a parede celular (ALBUQUERQUE, 2018).

#### 4.1.5 Coloração da casca

A coloração da casca não sofreu variação com as diferentes doses de  $P_2O_5$ . Os parâmetros de cor  $L^*$ ,  $C^*$  e  $H^*$  foram em média de 34,86, 26,31 e 44,06, respectivamente (Figura 2 B, C e D). O fosforo componente dos pirofosfatos, constituintes intermediários

fundamentais na biossíntese de carotenoides importante para a cor dos frutos (GOODWIN, 1988).

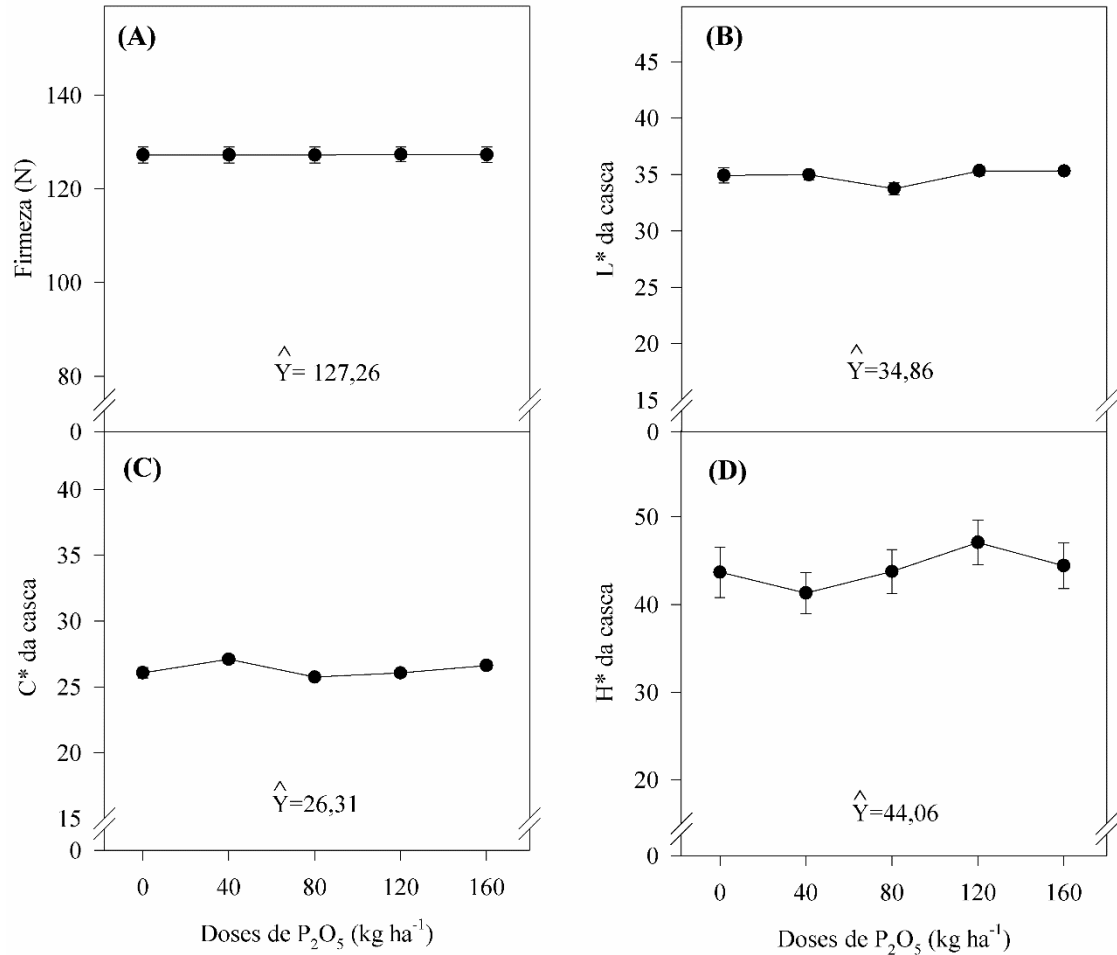


Figura 2. Firmeza (A),  $L^*$  (B),  $C^*$  (C) e  $H^*$  (D) de raízes de batata-doce em função de doses de  $P_2O_5$ . Dados são médias  $\pm$  erro padrão.

Por outro lado, a coloração da casca sofreu algumas alterações durante o armazenamento. Os parâmetros  $L^*$  e  $H^*$  apresentaram máximo de 35,85 e 48,56 aos 44 e 66 dias de armazenamento e o  $C^*$  foi mínimo (25,93) aos 31 dias, crescendo a partir daí até 80 dias (Figura 3 B, C e D).

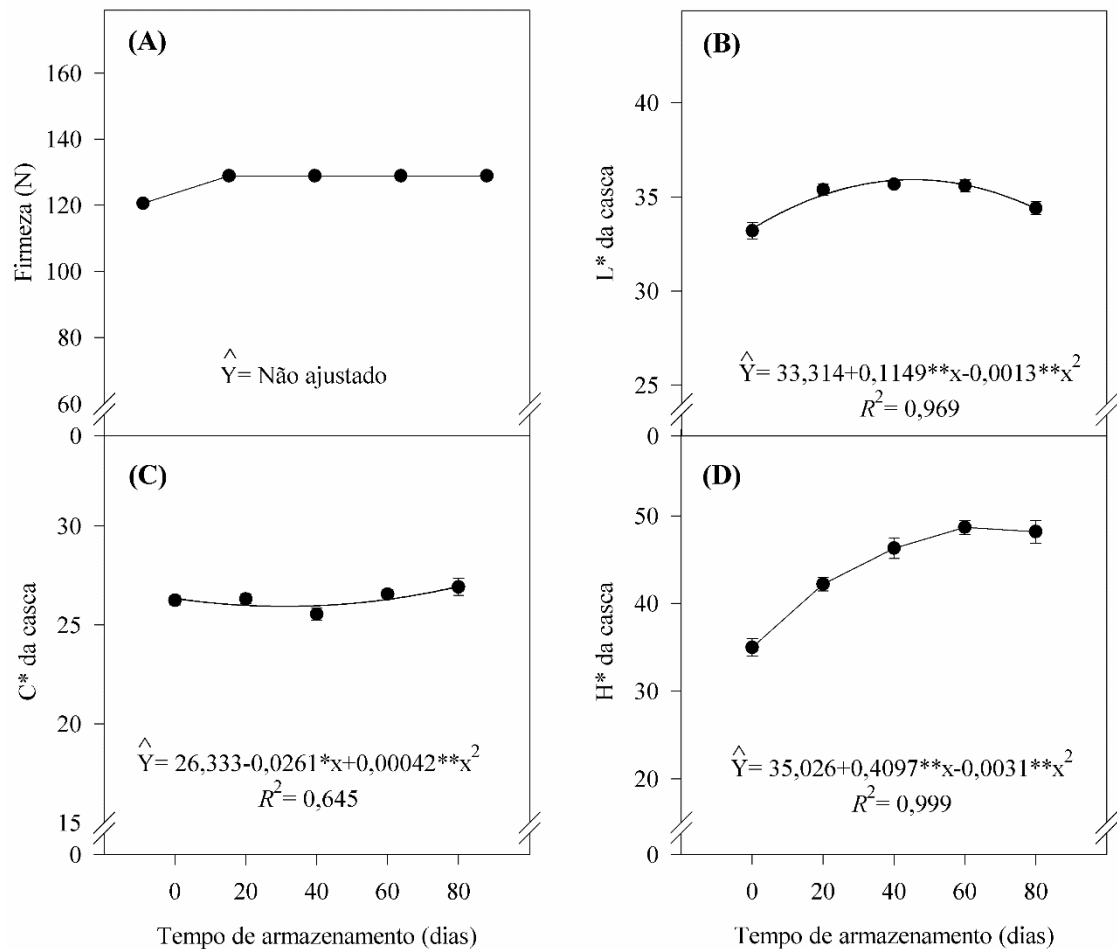


Figura 3. Firmeza (A), L\* (B), C\* (C) e H\* (D) de raízes de batata-doce em função do tempo de armazenamento. Dados são médias  $\pm$  erro padrão. \*\*, \* e ° indicam significância dos parâmetros do modelo pelo teste *t* ( $P \leq 0,01$ ;  $P \leq 0,05$ ;  $P \leq 0,1$ , respectivamente).

O incremento nos valores de L, evidencia que as batatas apresentaram a coloração da casca mais clara, ou seja, possivelmente devido perdas de pigmentação colorida. Aina et al. (2009) também evidenciaram tal resultado em batata cultivar Agriculture valores de luminosidade de 15,6 em batata doce de casca avermelhada. A luminosidade (coordenada L) da casca ou brilho pode variar do zero (preto) a 100 (branco) (AINA et al., 2009).

Os valores de croma podem ser observados no trabalho de Carmona (2015), que ao estudar diferentes tipos de genomas de batata-doce, os ângulos de tom da periderme os genótipos enquadraram-se no primeiro quadrante (vermelho/amarelo) do sólido de cor Hunter, variando de 13,54, no clone CNPH 1796, que foi estatisticamente equivalente com os genótipos Brazlândia Roxa, BRS Rubissol, CNPH 80, CNPH 05 e Beauregard (17,72; 18,36; 19,49; 22,50 e 36,05, respectivamente); indicando uma mudança na direção do vermelho para o amarelo vivo, respectivamente.

Corroborar com Aina et al. (2009) que verificaram variação do ângulo hue da casca dos tubérculos de batata-doce de 11,9 a 75,5, justificando como a perda de pigmentação já que na casca roxa da batata-doce há predomínio antocianina. Assim, o consumidor escolhe batatas através de suas características visuais: cor e brilho, sendo estes fatores importantes para sua aceitação (FERNANDES et al., 2010), o consumidor prefere batatas com tonalidade clara, atribuindo esta característica à batata recém-colhida (SILVA et al., 2006).

#### 4.1.6 Sólidos solúveis

O conteúdo de sólidos não variou com as doses de  $P_2O_5$ , e não sofreu alterações durante o armazenamento. As raízes apresentaram 12,06% de conteúdo de sólidos solúveis em média. (Figura 4 A e 5 A).

Os sólidos solúveis variando de 2 a 25% a depender do clima, estágios de maturação e espécie analisada são utilizados como uma medida indireta do teor de açúcares, (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Os valores detectados neste estudo estão superiores aos detectados por Gouveia et al. (2014) em batata-doce cv. Canadense, cujos valores foram de 7,87%. Panja et al. (2016) afirmam que os sólidos solúveis é uma característica importante que determina a qualidade do produto e na batata-doce pode variar entre 6,43 a 11,25°Brix.

#### 4.1.7 Acidez titulável

A acidez titulável (AT) aumentou com o incremento nas doses de  $P_2O_5$ , com máximo de 0,512 com a dose de 125 kg ha<sup>-1</sup> (Figura 4 B). Silva (2015) não encontrou diferença significativa na acidez dos frutos de melancia ‘Style’ cultivados com maior e menor dose de fósforo na forma de aplicação em fundação.

Observou-se incremento na AT das raízes ao longo do período de armazenamento. No final do período de armazenamento, a AT teve um aumento de 17%, variando de 0,521, para 0,609 (Figura 5 B). Kalkman (2011) que relatou uma variação da acidez no dia da colheita entre 0,675 e 1,700% ao comparar cultivares de batata-doce. Corrêa et al. (2015) observaram variações nos valores de acidez titulável, durante o armazenamento das raízes, sendo que o maior valor (0,128%) foi observado nas raízes armazenadas por sete dias. Aos 14 dias de armazenamento, as raízes apresentaram redução no valor de acidez, se igualando ao mesmo valor observado nas raízes que não foram armazenadas.

Segundo Grace et al. (2014), durante o armazenamento pode acontecer o acúmulo dos produtos de degradação do ácido clorogênico, isoclorogênico e antocianinas. Os ácidos



orgânicos responsáveis pela elevação da acidez durante o armazenamento são metabólitos intermediários do processo de respiração celular. Esses compostos se armazenam nos vacúolos celulares livremente ou combinados com sais de ésteres, contribuindo com, além da acidez, o aroma (compostos voláteis) e servindo de reserva energética para o ciclo de Krebs (CORRÊA et al., 2016).

#### 4.1.8 pH

As doses de  $P_2O_5$  não afetaram o pH das raízes, que ficou em torno de 6,25 (Figura 4 C). Já durante o armazenamento houve redução no pH (Figura 5 C). Reduziu de 6,30 a 6,10 após 80 dias de armazenamento. Uma pequena redução de 3,34%. Tal resultado está coerente com a acidez titulável detectado no final do armazenamento, haja vista que houve incremento nos valores de AT aos 80 dias de armazenamento das raízes.

Corrêa et al. (2014) constataram redução de pH de 6,4 para 6,2 do dia da colheita até 14º dia, respectivamente, comportamento semelhante a este trabalho.

#### 4.1.9 Relação sólidos solúveis/acidez titulável (SS/AT)

A relação SS/AT reduziu linearmente com o incremento nas doses de fósforo (Figura 4 D). Reduziu de 22,89 com a dose 0 kg ha<sup>-1</sup>, para 20,05 com a dose de 160 kg ha<sup>-1</sup>, o que correspondeu a uma redução de 12,4%.

Houve redução na relação SS/AT durante o armazenamento (Figura 5 D). Reduziu de 21,85 para 19,24 após 80 dias de armazenamento, correspondendo a uma redução de 15,7%. A relação SS/AT, sendo mais representativo do que a medição isolada de açúcares ou acidez titulável, é uma das formas mais utilizadas para avaliar o sabor, proporcionando boa ideia de equilíbrio entre essas duas variáveis (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

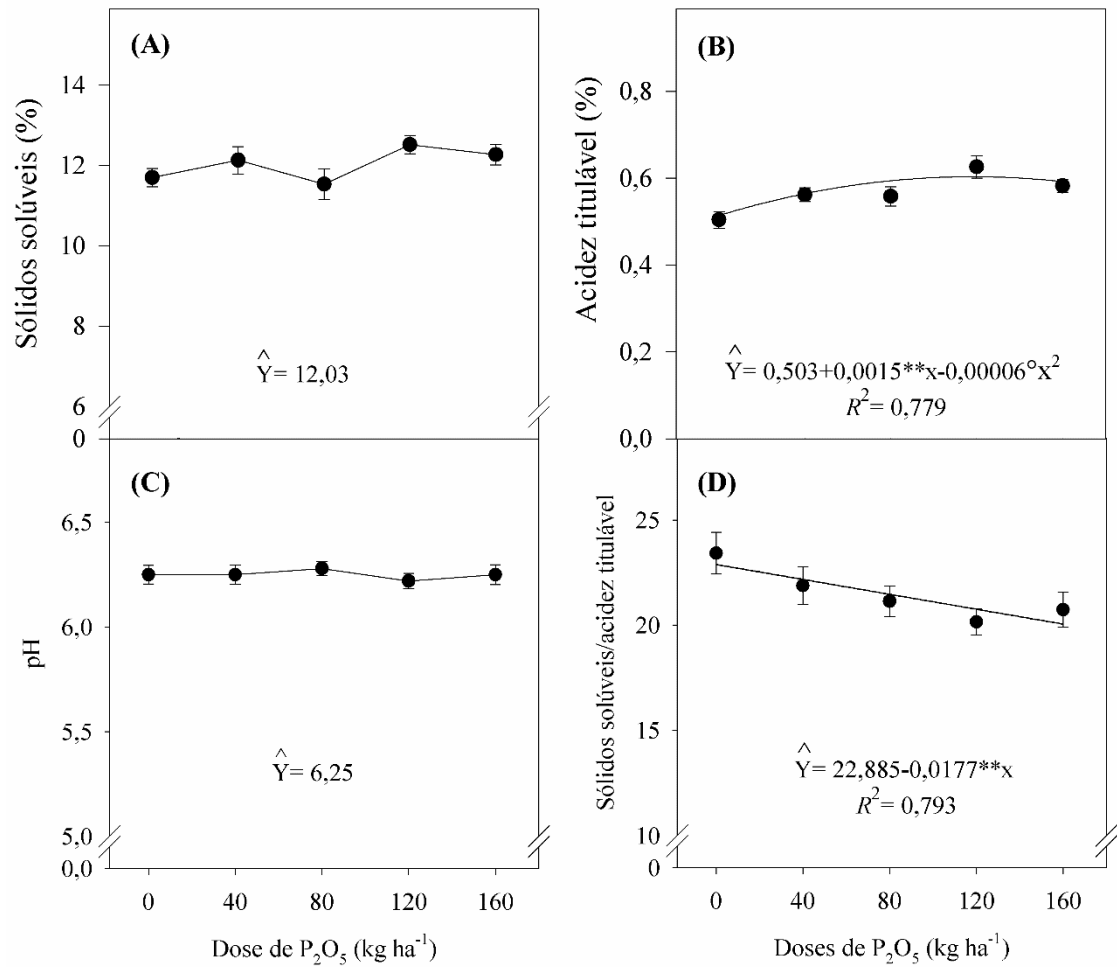


Figura 4. Sólidos solúveis (A), acidez titulável (B), pH (C) e sólidos solúveis/acidez titulável (D) de raízes de batata-doce em função de doses de  $P_2O_5$ . Dados são médias  $\pm$  erro padrão. \*\*, \* e  $^{\circ}$  indicam significância dos parâmetros do modelo pelo teste  $t$  ( $P \leq 0,01$ ;  $P \leq 0,05$ ;  $P \leq 0,1$ , respectivamente).

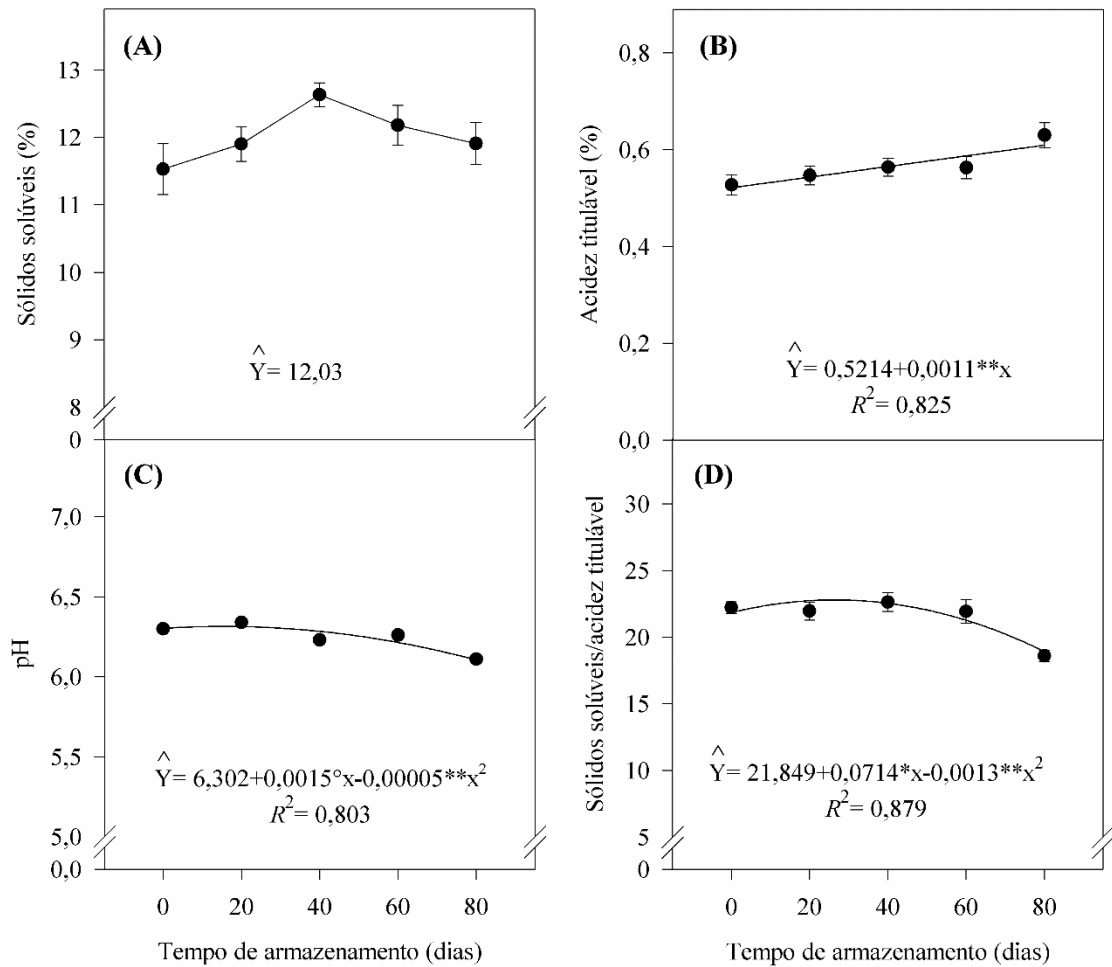


Figura 5. Sólidos solúveis (A), acidez titulável (B), pH (C) e sólidos solúveis/acidez titulável (D) de raízes de batata-doce em função do tempo de armazenamento. Dados são médias  $\pm$  erro padrão. \*\*, \* e  $^{\circ}$  indicam significância dos parâmetros do modelo pelo teste  $t$  ( $P \leq 0,01$ ;  $P \leq 0,05$ ;  $P \leq 0,1$ , respectivamente).

#### 4.1.10 Açúcares solúveis totais

A aplicação de  $P_2O_5$  não alterou significativamente o conteúdo de açúcares solúveis totais, com valor médio de 4,80%. E não houve alteração deste durante o armazenamento (Figura 6 A e 7 A). Conteúdos semelhantes de açúcares foram relatados por Aina et al. (2009) e Panja et al. (2016), em que diferentes cultivares de batata-doce apresentaram teor de açúcares totais entre 1,8 a 4,7% e de 2,4 a 3,6%, respectivamente.

#### 4.1.11 Açúcares não-redutores

A aplicação de  $P_2O_5$  não alterou significativamente o conteúdo de açúcares não-redutores, com valor médio de 4,34%. Como também, não houve alteração dessas variáveis durante o armazenamento (Figura 6 C e 7 C).

O acúmulo de açúcares totais durante o desenvolvimento de raízes de batata-doce pode estar associado a maior translocação de sacarose, já que este é a principal forma de carboidrato translocado na planta (OLIVEIRA, 2015). Wang et al. (2006) observaram o contínuo aumento de sacarose ao longo do desenvolvimento de raízes de batata-doce.

De acordo com Dincer et al. (2011) em raízes frescas de batata-doce a sacarose é encontrada em maior concentração, seguido de glicose e frutose. Porém, essa sacarose pode ser metabolizada pelas invertases após a colheita (RIBEIRO, 2003).

#### 4.1.12 Açúcares redutores

O conteúdo de açúcares redutores não foi afetado pelas doses de  $P_2O_5$  (Figura 6 B), e não houve alterações durante o armazenamento. As raízes apresentaram em média 0,46% de açúcares redutores (Figura 7 B).

A determinação dos açúcares redutores (glicose e frutose) é de grande importância na qualidade de várias hortaliças (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Diversos autores encontraram divergência entre os açúcares redutores em raízes de batata-doce, como Truong et al. (2014) que encontraram 3,2% em raízes de polpa laranja, Shekhar et al. (2015) relataram 4,4 e 2,6% base seca, em polpa laranja e branca, respectivamente. Bregagnoli (2006) observou valores entre 0,03 e 0,08% base úmida.

#### 4.1.13 Amido

O conteúdo de amido não foi afetado pelas doses de  $P_2O_5$  aplicadas, e o valor médio detectados nas raízes foi de 15,63% (Figura 6 D). Esse valor manteve-se inalterado após 80 dias de armazenamento (Figura 7 D). Esse valor é semelhante ao encontrado por Oliveira et al. (2005), no entanto os autores observaram aumento no conteúdo de amido da batata-doce com o aumento nas doses de  $P_2O_5$ , com máximo de 15,7% com a dose de 293 kg ha<sup>-1</sup>. Os autores observaram aumento com até 160 kg ha<sup>-1</sup> de P, que foi usado neste experimento.

A redução do conteúdo de amido em raízes de batata-doce durante o armazenamento foi observada em diversas cultivares por vários autores (ZHANG et al., 2002; MORRISON et al.,

1993; TAKAHATA et al., 1995), aos quais foram relacionados com o aumento de açúcares solúveis.

Zhang et al. (2002) observaram redução do conteúdo de amido e aumento na síntese de glicose, frutose e sacarose em raízes de várias cultivares de batata-doce até 120 dias de armazenamento a 20 °C e 75% de umidade relativa. Morrison et al. (1993) observaram que a degradação do amido teve correlação positiva com o aumento da atividade da  $\alpha$ -amilase e da  $\beta$ -amilase (enzimas de degradação de amido) até 90 dias de armazenamento a 12,5 °C e 85% de umidade relativa.

Além das enzimas de degradação do amido, a atividade das enzimas de síntese de sacarose (sacarose sintase e sacarose fosfato sintase) também aumentou em raízes de batata-doce durante o armazenamento, com conseqüente síntese de sacarose e dextrina (TAKAHATA et al., 1995).

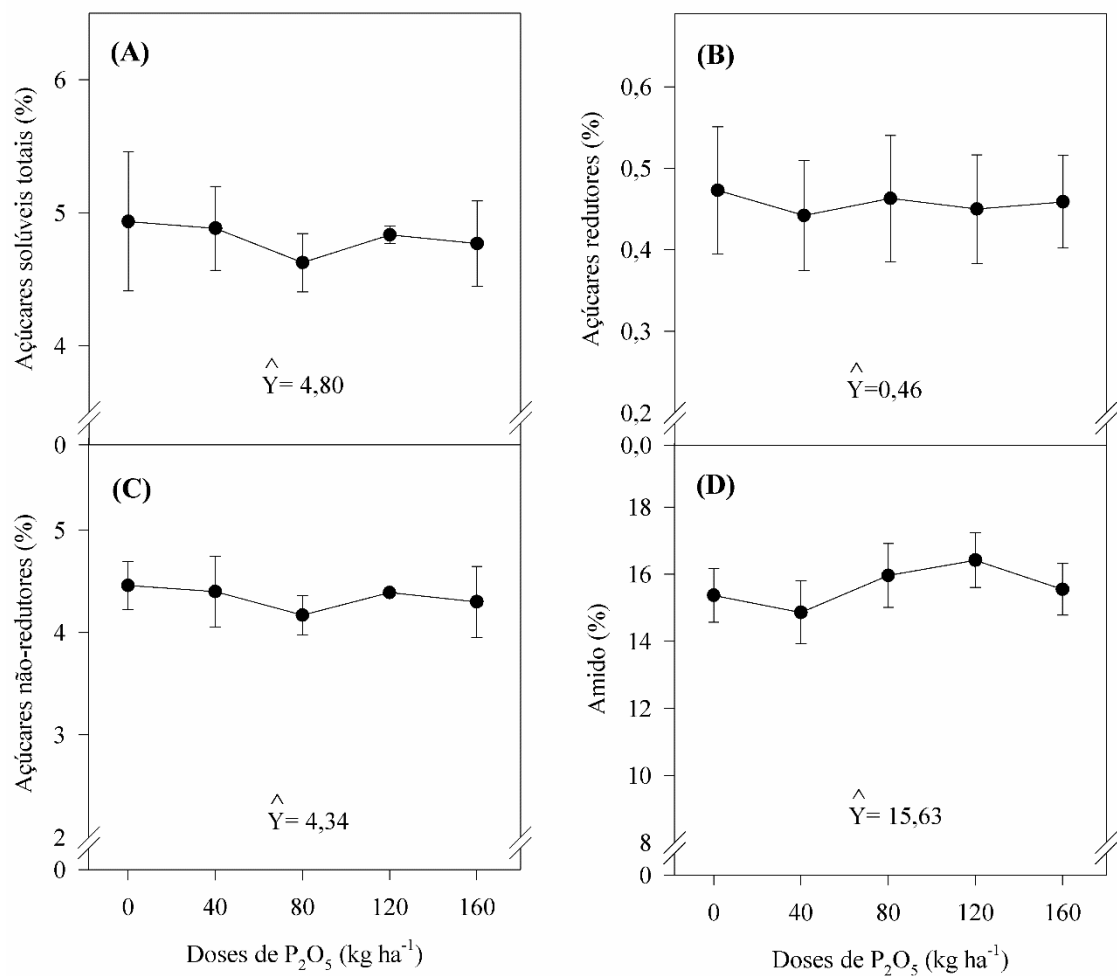


Figura 6. Teor de açúcares solúveis totais (A), açúcares redutores (B), açúcares não-redutores (C) e de amido (D) de raízes de batata-doce em função de doses de  $P_2O_5$ . Dados são médias  $\pm$  erro padrão.

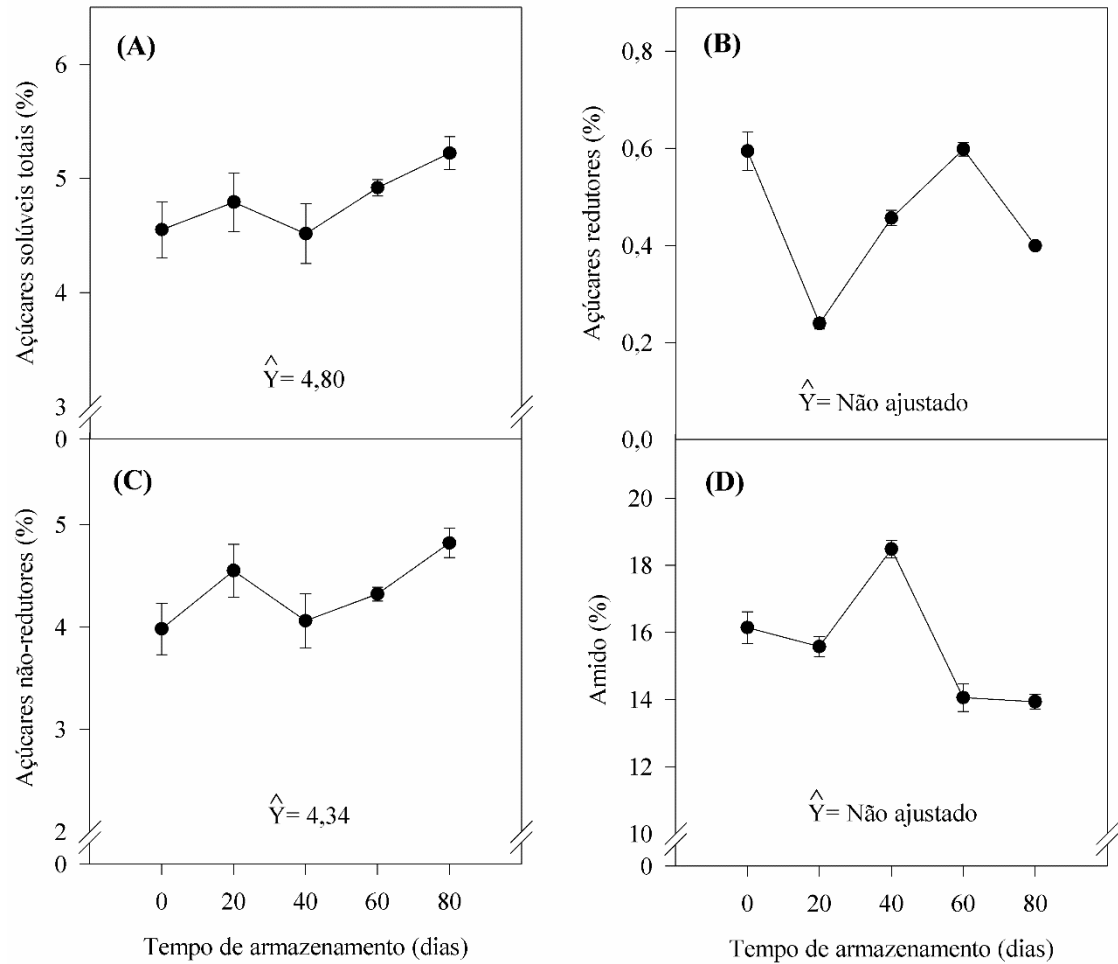


Figura 7. Teor de açúcares solúveis totais (A), açúcares redutores (B), açúcares não-redutores (C) e de amido (D) de raízes de batata-doce em função do tempo de armazenamento. Dados são médias  $\pm$  erro padrão.

## 4.2 Experimento 2

O uso de revestimento comestível não alterou significativamente a perda de massa, firmeza e coloração da casca das raízes de batata-doce ( $p > 0,05$ ). O conteúdo de matéria seca variou com o revestimento ( $p < 0,05$ ). Durante o armazenamento, ocorreram alterações significativas na perda de massa, matéria seca e na coloração da casca, quanto aos parâmetros  $L^*$  e  $H^*$  ( $p < 0,01$ ). A firmeza da casca não foi alterada durante o armazenamento ( $p < 0,05$ ). Não houve interação significativa entre os fatores analisados para nenhuma das variáveis físicas estudadas (Tabela 2).

Tabela 2. Perda de massa (PM), teor de massa seca (MS), firmeza (Firm), luminosidade ( $L^*$ ), croma ( $c^*$ ) e ângulo hue (H) de raízes de batata-doce com e sem revestimento comestível e armazenadas por 80 dias em câmara fria a  $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  e  $75 \pm 2\%$  UR. UFERSA, Mossoró-RN, 2019.

	PM (%)	MS (%)	Firm (N)	$L^*$	$c^*$	H
Tratamento (T)	N.S.	*	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
Controle	5,92	41,51	127,21	33,75	25,74	43,76
Revestimento	4,72	44,08	127,21	33,63	23,33	45,08
<i>LSD</i> <sub>0,05</sub>	3,72	2,08	0,16	3,27	3,38	9,61
Armazenamento (Arm)	**	**	N.S.	**	N.S.	**
0	0	38,54	120,31	31,94	25,81	35,51
20	4,21	49,60	128,93	34,10	24,88	41,44
40	6,37	44,47	128,93	34,30	21,32	46,37
60	7,69	40,24	128,93	34,43	25,65	49,40
80	8,34	41,12	128,93	33,68	25,02	49,36
T x Arm	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.

\*\* , \* indicam efeito significativo pelo teste F a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente.

N.S. indica efeito não significativo pelo teste F ( $P \geq 0,05$ ).

Para as variáveis químicas houve interação significativas entre os fatores estudados, para os conteúdos de açúcares solúveis totais e açúcares não-redutores. O revestimento comestível influenciou de forma isolada nos conteúdos de amido ( $p < 0,05$ ). Porém, o conteúdo de açúcares redutores, sólidos solúveis, acidez titulável, relação SS/AT e pH não foram afetados ( $p < 0,05$ ). Todas as características físico-químicas avaliadas sofreram alterações do tempo de armazenamento (Tabela 3).

Tabela 3. Sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), relação sólidos solúveis / acidez titulável (SS/AT), potencial hidrogeniônico (pH), amido, açúcares solúveis totais (AST), açúcares redutores (AR), açúcares não redutores (ANR) de raízes de batata-doce com e sem revestimento comestível e armazenadas por 80 dias em câmara fria a  $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  e  $75 \pm 2\%$  UR. UFERSA, Mossoró-RN, 2019.

	SS (%)	AT (%)	SS/AT	pH	Amido (%)	AST (%)	AR (%)	ANR (%)
Tratamento (T)	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	*	*	N.S.	*
Controle	11,53	0,56	21,15	6,24	15,96	4,63	0,46	4,16
Revestimento	12,32	0,59	21,26	6,28	14,89	5,31	0,51	4,80
<i>LSD</i> <sub>0,05</sub>	1,44	0,17	4,21	0,12	0,79	0,49	0,14	0,56
Armazenamento (Arm)	**	**	**	**	**	*	**	*
0	10,54	0,49	18,06	6,28	16,61	4,71	0,70	4,01
20	11,64	0,57	20,54	6,37	14,76	4,11	0,30	3,82
40	13,27	0,58	21,87	6,24	18,88	5,74	0,41	5,33
60	12,38	0,57	22,38	6,28	13,33	4,63	0,65	3,98
80	11,82	0,66	23,16	6,11	13,53	5,63	0,38	5,33
T x Arm	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	*	N.S.	*

\*\* , \* indicam efeito significativo pelo teste F a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente.

N.S. indica efeito não significativo pelo teste F ( $P \geq 0,05$ ).

#### 4.2.1 Perda de massa

O revestimento não foi eficiente em reduzir a perda de massa das raízes de batata-doce durante o armazenamento (Figura 8 A). Porém, houve incremento significativo de perda de massa no tempo de armazenamento, com valor médio de 8,87% obtidos até 80 dias, tanto nas raízes revestidas, quanto nas não-revestidas. A perda de massa de raízes é um processo natural devido a sua exposição ao ambiente e, se deve em grande parte à perda de água por transpiração.

Por serem hidrofílicos, revestimentos produzidos a base de amido fornecem uma barreira pobre contra a perda de vapor de água, ao contrário dos revestimentos à base de ceras e óleos (BOURTOOM, 2008). Yang et al. (2018) verificaram em raízes de batata-doce revestidas com cera de carnaúba (*Copernicia cerifera*), 15% de perda de massa, sem alterações significativas na qualidade, enquanto que as raízes não revestidas apresentaram 22% após 50 dias de armazenamento a  $20^{\circ}\text{C}$ . Também, Sunmola e Bukoye (2011) verificaram que revestimentos a base de amido de mandioca (*Manihot esculenta*), foram utilizados com eficiência para reduzir a perda de massa (9%) de raízes de batata-doce, em comparação às raízes não revestidas (15%), durante 20 dias de armazenamento a  $24.9 \pm 4.0^{\circ}\text{C}$  e  $44.6 \pm 18.4\%$  U.R.



#### 4.2.2 Matéria seca

A matéria seca foi mantida em maior concentração nas raízes revestidas (44,08% massa fresca) em relação as não revestidas (41,51% massa fresca). Embora a massa fresca das raízes não tenha sido influenciada pelo revestimento, a matéria seca foi alterada significativamente (Figura 8 B), sugerindo que o revestimento reduziu as trocas gasosas ( $O_2$  e  $CO_2$ ) das raízes com o ambiente e conseqüentemente reduziu a respiração, todavia para a solubilidade do vapor de água essa mostrou-se ineficiente como barreira. Durante o período do armazenamento, as raízes apresentaram redução na matéria seca, fato que está associado ao uso desse para a manutenção celular (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

#### 4.2.3 Firmeza

O uso de revestimento não afetou a firmeza das raízes (Figura 8 C). Nos primeiros 20 dias de armazenamento observou-se aumento na firmeza das raízes, mas a firmeza manteve-se a 128,93 N (Figura 8 C), leitura máxima ao qual o aparelho utilizado (penetrômetro) pode medir. Portanto, não foi possível verificar alterações da firmeza até o final do período de armazenamento. O aumento na firmeza está associado à redução da perda de massa e conseqüente endurecimento da mesma.

Albuquerque et al. (2018) verificaram firmeza de raízes de batata-doce variando de 85 a 110 N (entre as cultivares ESAM 1, Paraná, e Mãe de Família) inferior aos evidenciados aqui. Estes também verificaram aumento na firmeza de raízes com o tempo de armazenamento.

#### 4.2.4 Coloração da casca

O revestimento não ocasionou alterações significativas na coloração da casca das raízes (coloração natural roxa). Não obstante, durante o armazenamento, os parâmetros  $L^*$  e H aumentaram, atingindo máximo de 34,51 e 49,44 aos 47 e 75 dias, respectivamente (Figura 8 D e F). Já o parâmetro  $c^*$ , não sofreu alterações significativas durante o armazenamento (Figura 8 E).

Embora os valores de  $L^*$  e H tenham aumentado durante o armazenamento, essa mudança não foi perceptiva aos olhos. O aumento do valor  $L^*$  sugere colorações mais claras, desordem, normalmente, observada durante armazenamento da raiz, o que deixa o produto com aspecto envelhecido e não atraente. Já a cromaticidade ( $c$ ), indica a pureza da cor

(GUIMARÃES et al., 2016). Em raízes revestidas com cera de carnaúba, com ou sem adição de glicerol Yang; Li; Lu (2018) observaram em batata-doce, que os parâmetros de coloração da casca mantiveram valores até 50 dias, quando comparadas as raízes não-revestidas

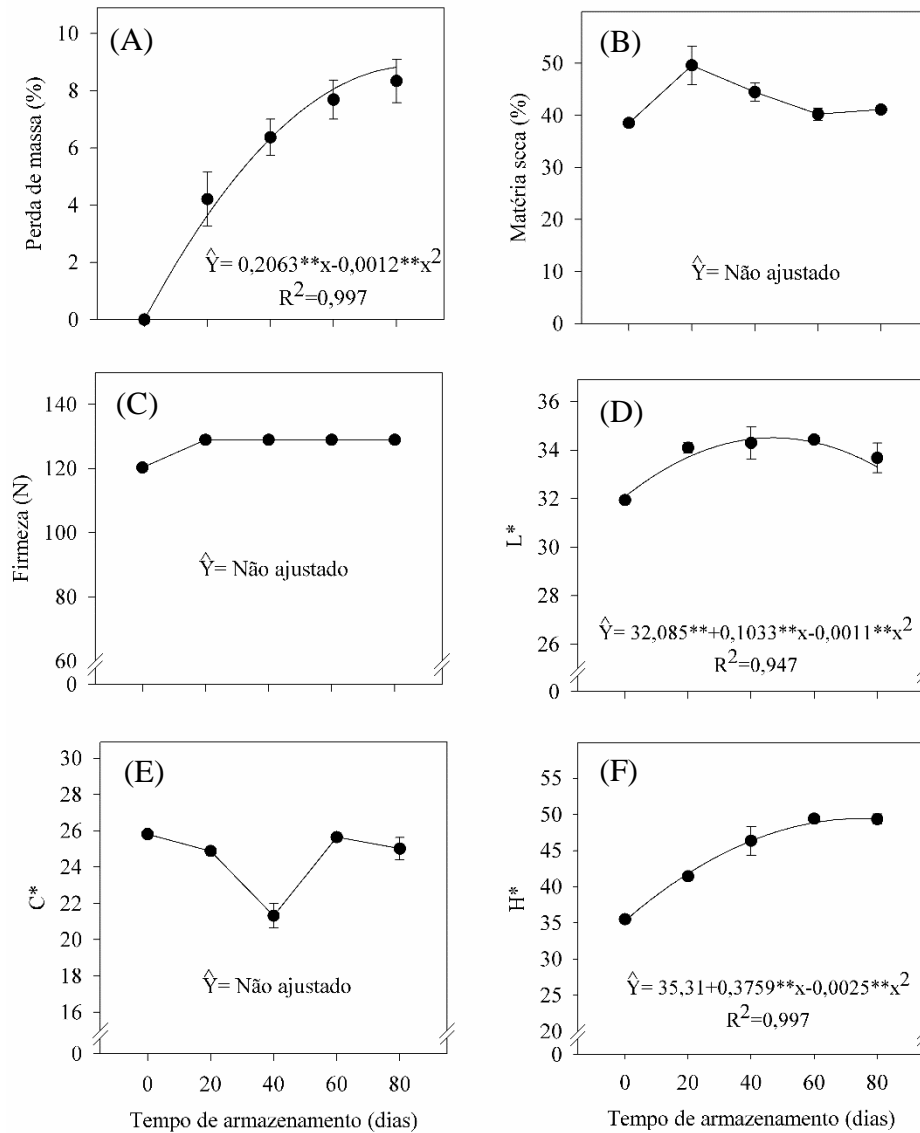


Figura 8. Perda de massa (A), matéria seca (B), firmeza (C), L\* (D), C\* (E) e H\* (F) de raízes de batata-doce em função do armazenamento. \*\*, \* e ° indicam efeito significativo pelo teste *t* a 1%, 5% e 10% de probabilidade, respectivamente.

#### 4.2.5 Açúcares solúveis totais

Houve interação significativa entre tipo de revestimento e tempo de armazenamento para açúcares solúveis totais (AST) (Figura 9A). Nas raízes revestidas, houve declínio no teor de AST aos 20 dias e aumento significativo no teor de AST aos 40 (46%) e 80 (28%) dias de armazenamento. Porém, para as raízes sem revestimento, houve decréscimo nos valores aos 20 dias (18%) e acréscimo (11%) somente aos 80 dias de armazenamento.

O aumento de AST das raízes durante o armazenamento ocorre devido a atividade das enzimas ( $\alpha$  e  $\beta$  amilase) que hidrolisam o amido à maltose e a outros oligossacarídeos explicam Morrison; Pressey; Kays (1993).

Um crescente aumento de açúcares também ocorre durante o armazenamento de raízes de macaxeira (SÁNCHEZ et al., 2013) e cenoura (CHAVES, 2009) e em tubérculos de batata (PATHIRANA; HARRIS; MCKENZIE, 2008).

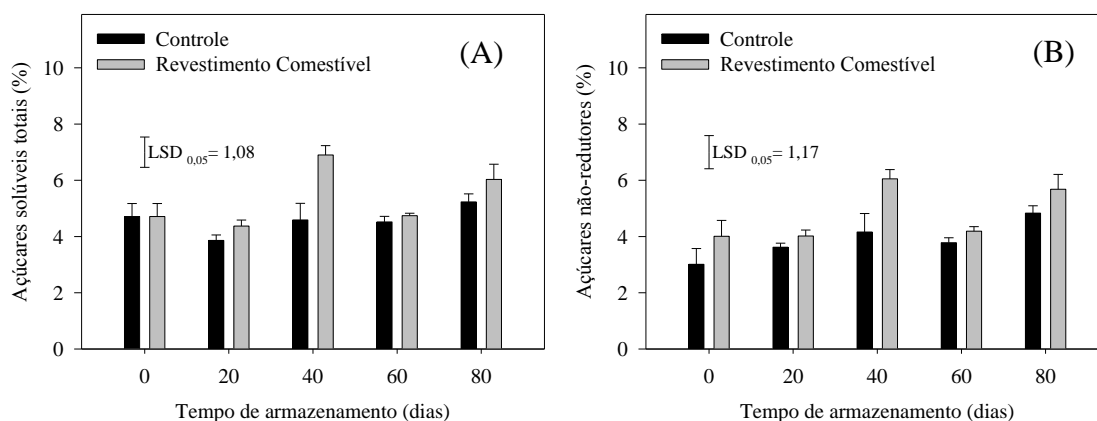


Figura 9. Açúcares solúveis totais (A) e açúcares não-redutores (B) em raízes de batata-doce em função do revestimento comestível e tempo de armazenamento. Barras representam a média mais ou menos  $LSD_{0,05}$ : diferença mínima significativa ao nível de significância de 5% de probabilidade e o desvio padrão.

Por outro lado, avaliando efeito do revestimento dentro de cada tempo de armazenamento, observa-se diferença significativa aos 20, 40 e 80 dias de armazenamento. Aos 40 dias, as raízes revestidas com fécula apresentaram açúcares solúveis totais 34% superior quando comparado as raízes controle. Aos 80 dias de armazenamento, as raízes revestidas mantiveram AST superior 15% quando comparado as raízes controle.

Os resultados encontrados corroboram com os de Nabubuya et al. (2017) que constataram aumento nos conteúdos de açúcares, de batata-doce, durante armazenamento a temperatura ambiente (23-26 °C, 70-80% U.R.), tal resultado está relacionado ao aumento no conteúdo de glicose e sacarose. Zhang, Wheatley e Corke (2002) avaliaram três tempos de

armazenamento de raízes de batata-doce (0, 60 e 120) e observaram o aumento do teor de açúcares totais (9,6, 11,8 e 12%) nos três tempos, respectivamente. Observaram ainda que há uma variação no tipo de açúcar que é acumulado durante o armazenamento (sacarose, glicose e frutose).

Aina et al. (2009) e Panja et al. (2016) observaram diferença no teor de açúcares totais entre 1,8 a 4,7% e 2,4 a 3,6% respectivamente em cultivares de batata-doce. Tais valores foram inferiores aos detectados no presente trabalho.

O conteúdo superior de AST nas raízes revestidas em relação as não revestidas durante o armazenamento, sugere que o revestimento atuou como uma barreira eficiente as trocas gasosas e, conseqüentemente, reduziu a taxa de respiração, o que ocasionou menor degradação desses compostos. Sabe-se que o conteúdo de AST está relacionado à degradação de amido e ao consumo durante a respiração pós-colheita (MORRISON et al., 1993; TAKAHATA et al., 1995; ZHANG et al., 2002). Sendo assim, a redução do consumo de açúcares na respiração evidencia boa barreira por parte do revestimento a base de fécula.

Resultados semelhantes foram evidenciados por Yang, Li e Lu (2018) em raízes de batata-doce revestidas com cera de carnaúba e armazenadas por 50 dias, onde as raízes revestidas apresentaram menor taxa de respiração e maior conteúdo de açúcares solúveis em relação à testemunha.

#### 4.2.6 Açúcares não-redutores

Para o conteúdo de açúcares não-redutores (ANR) houve interação significativa entre tipo de revestimento e os períodos de armazenamento (Figura 9B). As raízes revestidas apresentaram aumento no conteúdo de ANR aos 40 (62%) e 80 (42%) dias de armazenamento, superior ao aumento observado pelas raízes controle, de 4% e 20%, respectivamente.

Avaliando o efeito do revestimento em cada tempo de armazenamento, o conteúdo de ANR nas raízes revestidas foi superior aos das não revestidas nos tempos 0 (33%) e 40 (56%) dias de armazenamento. Da mesma forma que nos AST, o aumento dos ANR se deve a degradação do amido e oligossacarídeos, produzindo esses açúcares, como a sacarose (MORRISON; PRESSEY; KAYS, 1993; NABUBUYA et al., 2017).

Observa-se uma dinâmica no conteúdo de ANR na batata-doce durante o armazenamento, pois os valores aumentam e reduzem ao longo do tempo. Isso corre porque os ANR, como a sacarose, são produzidos como resultado do consumo do amido, e são também consumidos como substrato da respiração (NABUBUYA et al., 2017). Entretanto, o aumento no conteúdo de sacarose nas raízes revestidas é maior pois o revestimento atua como uma

barreira reduzindo as trocas gasosas e com isso há menor consumo da sacarose na respiração, do que nas raízes não-revestidas. Yang, Li e Lu (2018) observaram que as raízes de batata-doce revestidas com cera de carnaúba e armazenadas por 50 dias apresentaram menor taxa de respiração e maior conteúdo de açúcares solúveis do que as raízes não-revestidas.

#### 4.2.7 Sólidos solúveis

O uso do revestimento comestível não alterou o conteúdo de sólidos solúveis (SS) das raízes (Tabela 3). Entretanto, durante o armazenamento, independente de tratamento as raízes apresentaram incremento no teor SS de 10,43% (tempo zero) para 12,93% (50 dias) (Figura 10 A). A partir de então, observa-se redução nos teores de SS até 80 dias de armazenamento.

O aumento no conteúdo de SS pode estar associado à degradação de polissacarídeos e síntese de compostos mais simples como mono e dissacarídeos, aminoácidos, e ácidos orgânicos. Durante o armazenamento das raízes de batata-doce, já foram observadas a atuação de diversas enzimas, como amilase (MORRISON et al., 1993), sacarose sintase e sacarose fosfato sintase (TAKAHATA et al., 1995). Como resultado da ação dessas enzimas no metabolismo, são produzidos açúcares simples como glicose, frutose e sacarose, e ácidos orgânicos, os quais contribuem para o aumento no conteúdo de sólidos solúveis.

#### 4.2.8 Acidez titulável

A acidez titulável aumentou durante todo o período de armazenamento, aumentando de 0,507% para 0,643% aos 80 dias (Figura 10 B). Ácidos orgânicos podem ser produzidos como parte da ação de enzimas (SUNMOLA; BUKOYE, 2011; GRACE et al., 2014; CORRÊA et al., 2016). Corrêa et al. (2015) detectaram acidez de 0,091% nas raízes, e aumento de 40,6% já nos primeiros sete dias de armazenamento (18,8 a 24,1 °C; 24 a 43% U.R.).

#### 4.2.9 Relação SS/AT

Devido ao aumento na acidez titulável, a relação SS/AT reduziu durante o armazenamento (Figura 10 C) de 21,54 no dia da colheita para 13,18 aos 80 dias, o que representou uma redução de 38,8%.

Kalkmann (2011) observaram valores de SS/AT de 0,490 a 2,071 entre diversos clones de batata-doce, incluindo acessos e cultivares, menores do que os detectados neste trabalho. A relação SS/AT é mais indicada para avaliar o sabor de frutas e hortaliças (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

#### 4.2.10 pH

O aumento na acidez titulável contribuiu para a redução do pH (Figura 10 D). O pH reduziu de 6,30 no dia da colheita, para 6,11 aos 80 dias de armazenamento, o que correspondeu a uma redução de 3%. Em 14 dias de armazenamento, Corrêa et al. (2014) e Gouveia et al., (2015) constataram redução de pH de 6,4 para 6,0.

#### 4.2.11 Amido

Os valores do teor de amido durante o armazenamento não se ajustaram na regressão. No entanto, verificou-se decréscimos nos teores de amido de 16,14% para 14,21%, na ocasião da colheita até 80 dias de armazenamento, o que correspondeu a uma redução de 12,0% (Figura 10 E). A redução no conteúdo de amido se deve a degradação desse composto por ação de enzimas como a amilase, produzindo açúcares mais simples (glicose, frutose e sacarose) (MORRISON et al., 1993).

De mesma forma, Yang; Li; Lu (2018) verificaram em raízes revestidas com cera de carnaúba, que o conteúdo de amido reduziu durante o armazenamento, mas a essa redução foi menor do que nas raízes não revestidas.

Houve efeito significativo do uso de revestimento comestível nas raízes (Tabela 3). As raízes revestidas apresentaram maior conteúdo de amido do que em raízes não revestidas. A manutenção de maior teor de amido nas raízes revestidas enfatiza o efeito benéfico do uso desse tipo de embalagem para raízes de batata-doce. A fécula de mandioca, utilizada como revestimento comestível, é um produto abundante e com baixo custo, e além de apresentar potencial de uso comercial como embalagem (Oliveira et al., 2018), ainda é biodegradável, ou seja, não polui o meio ambiente.

#### 4.2.12 Açúcares redutores

Observou-se até 20 dias e após 60 dias um decréscimo no conteúdo de açúcares redutores (Figura 10F). Tal comportamento, pode estar associado a uma dinâmica nos processos bioquímicos de síntese e degradação de açúcares durante o período de armazenamento. Haja vista, que açúcares redutores (glicose, frutose) são produzidos a partir da degradação do amido ou da sacarose, e são utilizados como substratos para a respiração.

Nabubuya et al. (2017) verificaram teores de açúcares redutores, como glicose, superiores aos detectados neste trabalho para raízes de batata-doce durante o período de armazenamento a 23-26 °C.

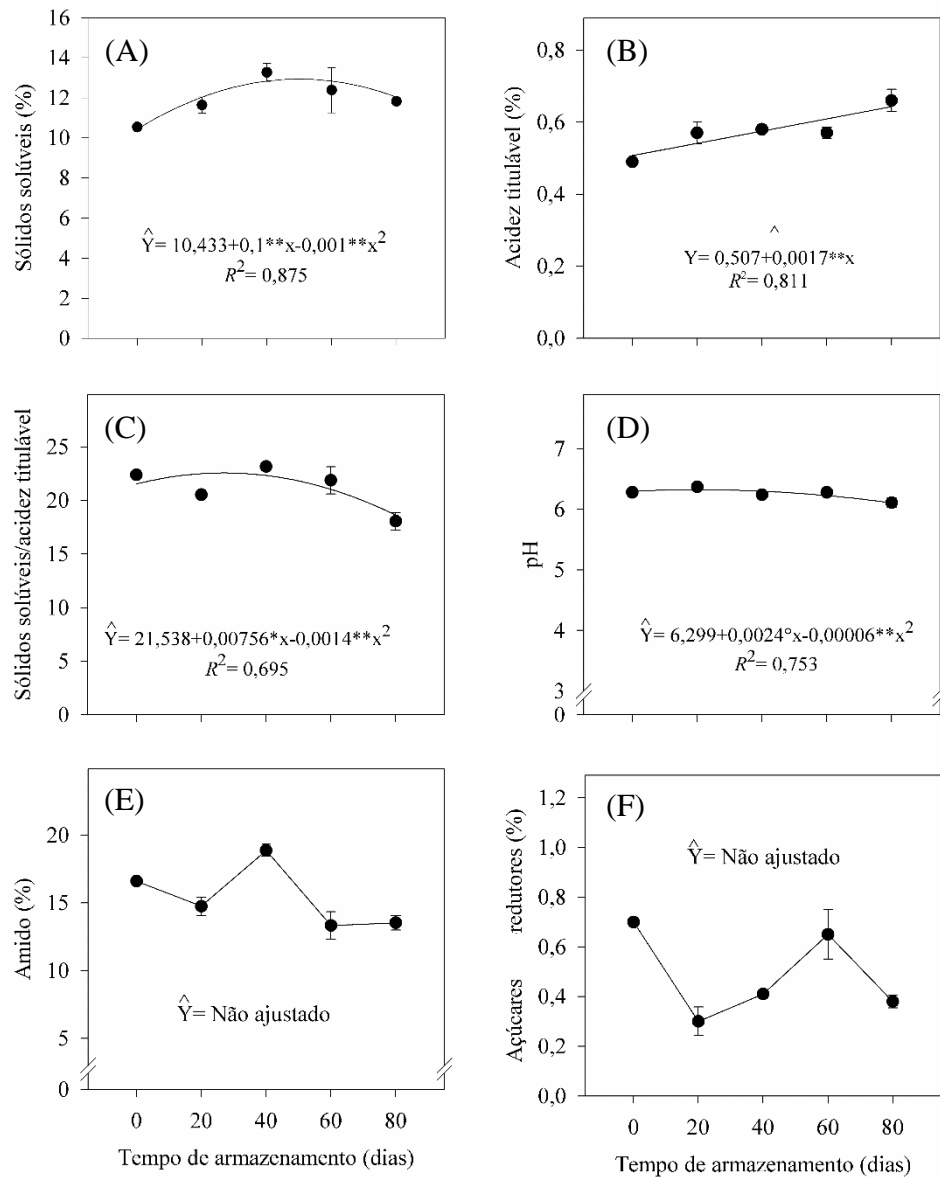


Figura 10. Sólidos solúveis (A), acidez titulável (B), sólidos solúveis/ acidez titulável (C), pH (D), amido (E) e açúcares redutores (F) de raízes de batata-doce em função do armazenamento. \*\*, \* e ° indicam efeito significativo pelo teste *t* a 1%, 5% e 10% de probabilidade, respectivamente.

## 5 CONCLUSÃO

Adubação fosfatada até  $160 \text{ kg ha}^{-1}$  não influenciou a produtividade total de raízes. A acidez titulável (AT) aumentou com o incremento das doses de  $\text{P}_2\text{O}_5$ , com máximo de 0,512% na dose de  $125 \text{ kg ha}^{-1}$ . A relação SS/AT reduziu linearmente com o incremento nas doses de fósforo.

Durante o período de armazenamento (80 dias,  $20 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$  e  $75 \pm 2\%$  umidade relativa) as batatas apresentaram aumento na AT, açúcares solúveis totais e não-redutores. E verificou-se redução do pH, relação SS/AT e conteúdo de amido.

O uso de revestimento comestível (3% fécula de mandioca) manteve maiores teores de açúcares solúveis totais e açúcares não redutores, bem como amido em raízes de batata-doce durante armazenamento.



## REFERÊNCIAS

- AINA, A. J.; FALADE, K. O.; JOHN O. AKINGBALA<sup>1</sup>, J. O.; TITUS, P. Physicochemical properties of twenty-one Caribbean sweet potato cultivars. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 44, p.1696-1704, 2009.
- ALBUQUERQUE, J. R. T.; RIBEIRO, R. M. P.; SOUSA, L. V.; OLIVEIRA, G. B. S.; LINS, H. A.; JÚNIOR, A. P. B.; SANTOS, E. C.; MORAIS, P. L. D.; SIMÕES, A. N. Quality of sweet potato cultivars planted harvested at different times of two seasons. **Australian Journal of Crop Science**, v. 12, n. 6, p. 898, 2018.
- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Corpo evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements** Rome: FAO, p. 328, 2016. (Irrigation and Drainage Papers, 56).
- ALMEIDA, D. **Manuseio de produtos hortifrutícolas**. 2005, 112 p.
- AQUINO, L. A.; PUIATTI, M.; PEREIRA, P. R.; PEREIRA, F. H.; LADEIRA, I. R.; CASTRO, M. R. Produtividade, qualidade e estado nutricional da beterraba de mesa em função de doses de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, v. 24, n. 2, p. 199-203, 2006.
- AULAR, J.; NATALE, W. Nutrição mineral e qualidade do fruto de algumas frutíferas tropicais: goiabeira, mangueira, bananeira e mamoeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, p. 1214-1231, 2013.
- AZEREDO, H. M. C. dos. Películas comestíveis em frutas conservadas por métodos combinados: potencial da aplicação. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 21, n. 2, 2003.
- BARKER, Allen V.; PILBEAM, David J. Handbook of plant nutrition. CRC press, 2015.
- BOURTOOM, T. Edible films and coatings: characteristics and properties. **International Food Research Journal**, v. 15, n. 3, p:237–248, 2008.
- BREGAGNOLI, M. **Qualidade e produtividade de cultivares de batata para indústria sob diferentes adubações**. Tese (Doutorado em Agronomia) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 141 p. 2006.
- CARDOSO, A. D.; VIANA, A. E. S.; RAMOS, P. A. S.; MATSUMOTO, S. N.; AMARAL, C. L. F.; SEDIYAMA, T.; MORAIS, O. M. Evaluation of sweet potato clones in Vitória da Conquista. **Horticultura Brasileira**, v. 23, n. 4, p. 911-914, 2005.
- CARMONA, P. A. O. **Caracterização morfoagronômica, físico-química e tolerância ao nematoide-das-galhas de genótipos de batata-doce avaliados no Distrito Federal**. Tese doutorado, Universidade de Brasília, 2015.
- CASTRICINI, A.; CONEGLIAN, R. C. C.; VASCONCELLOS, M. A. S. Qualidade e amadurecimento de mamões ‘golden’ revestidos por película de fécula de mandioca. **Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas**, v. 4, p. 32-36, 2009.
- CAVALCANTI, F. J. de A. **Recomendações de adubação para o estado de Pernambuco: 2a. aproximação**. 3 ed. rev. Recife: IPA, p.212, 2008.

CENCI, S. A. **Boas Práticas de Pós-colheita de Frutas e Hortaliças na Agricultura Familiar**. In: Fenelon do Nascimento Neto. (Org.). *Recomendações Básicas para a Aplicação das Boas Práticas Agropecuárias e de Fabricação na Agricultura Familiar*. 1a ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p. 67-80, 2006.

CHAVES, DANIELA VIEIRA. **Metabolismo de carboidratos e de fenóis no armazenamento refrigerado de cenoura**. 2009. 98 p. Tese (Doutorado em Fisiologia Vegetal). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.

CHEEMA, M. U. A.; REES, D.; COLGAN, R. J.; TAYLOR, M.; WESTBY, A. The effects of ethylene, 1-MCP and AVG on sprouting in sweetpotato roots. **Postharvest Biology and Technology**, v. 85, p. 89-93, 2013.

CHITARRA, M. I.; CHITARRA, A. B. Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio. revisada e ampliada. **Lavras: Universidade Federal de Lavras**, v. 785, 2005.

CHIUMARELLI, M.; HUBINGER, M. D. Evaluation of edible films and coatings formulated with cassava starch, glycerol, carnauba wax and stearic acid. **Food Hydrocolloids**, v. 38, p. 20-27, 2014.

CIP. International Potato Center. Disponível em: <http://cipotato.org/sweetpotato/>. Acesso em: 29 jul. 2016.

CORRÊA, C. V. **Produção e qualidade de batata-doce em função das doses e parcelamento da adubação potássica**. 2016. 76 p. Dissertação. Botucatu, São Paulo, 2016.

CORRÊA, C. V., GOUVEIA, A. M. DE S., TAVARES, A. E. B., EVANGELISTA, R. M., CARDOSO, A. I. I. Conservação de raízes de batata-doce em função do parcelamento da adubação potássica. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**, v. 10, p. 65-73, 2014.

CORREA, C. V.; GOUVEIA, A. M. de S.; EVANGELISTA, R. M.; CARDOSO, A. I. I. Qualidade de raízes de batata-doce em função das cultivares e do armazenamento. **Raízes e Amidos Tropicais**, Botucatu, v. 12, n. 1, p.26- 35, 2016. Anual. Disponível em: Acesso em: 01 abr 2019.

CORRÊA, C. V.; GOUVEIA, A. M. DE S.; MORENO, L. DE A.; TAVARES, A. E. B.; EVANGELISTA, R. M.; CARDOSO, A. I. I. Características qualitativas de raízes de batata-doce em função da Época de colheita e do período de armazenamento. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**, v. 11, p. 8-16, 2015.

CORRÊA, J. C.; MAUAD, M.; ROSOLEM, C. A. Fósforo no solo e desenvolvimento de soja influenciados pela adubação fosfatada e cobertura vegetal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, p. 1231-1237, 2004.

CRUZ, S. M. C.; CECÍLIO FILHO, A. B.; NASCIMENTO, A. S.; VARGAS, P. F. Mineral nutrition and yield of sweet potato according to phosphorus doses. **Comunicata Scientiae**, v. 7, n. 2, p. 183-191, 2016.

DINCER, C.; KARAOGLAN, M.; ERDEN, F.; TETIK, N.; TOPUZ, A.; OZDEMIR, F. Effects of baking and boiling on the nutritional and antioxidant properties of sweet potato [*Ipomoea batatas* (L.) Lam.] cultivars. **Plant foods for human nutrition**, v. 66, n. 4, p. 341-347, 2011.

ECHER, F. R. **Nutrição e adubação da batata-doce**. Presidente Prudente: Universidade do Oeste Paulista, 2015. 94p.

EL-SAYED, H. E. A.; SAIF-EL-DEAN, A.; EZZAT, S.; EL-MORSY, A. H. A. Responses of productivity and quality of sweet potato to phosphorus fertilizer rates and application methods of the humic acid. **International Research Journal of Agricultural Science and Soil Science**, v. 1, n. 9, p. 383-393, 2011.

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

FAOSTAT, Data. Food and agriculture organization of the United Nations. Statistical database, 2017. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/>. Acesso em: 02 jul. 2019.

FERNANDES, A. M.; SORATTO, R. P.; EVANGELISTA, R. M.; NARDIN, I. Qualidade físico-química e de fritura de tubérculos de cultivares de batata na safra de inverno. **Horticultura Brasileira**, v.28, n.3, p.299-304, 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/hb/v28n3/v28n3a10.pdf>>. Acesso em: 08 nov. 2013.

FIGUEIRA, J. A. **Determinação e caracterização de amido em cana-de-açúcar e adequação de metodologia para determinação de  $\alpha$ -amilase em açúcar bruto**. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos), Universidade Estadual de Campinas: Faculdade de Engenharia de Alimentos, Campinas, p. 105, 2009.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo Manual de Olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Universidade Federal de Viçosa, 2008.

FONSECA, M. J. O.; SOARES, A. G.; BARBOZA, H. T. G.; CARVALHO, M. A. G.; JÚNIOR, A. C. V. N. Uso de revestimento comestível para extensão da vida útil da goiaba 'Pedro Sato'. **Engenharia na Agricultura**, v. 24, n. 2, p. 101-110, 2016.

GOODWIN, L.W. **Plant pigments**, Londres: Academic Press Inc., 1988.

GOUVEIA, A. M. de S.; CORREIA, C. V.; TAVARES, A. E.; EVANGELISTA, R. M.; CARDOSO, A. I. I. Qualidade de raízes de batata-doce em função da adubação nitrogenada e conservação. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**, v. 10, p. 57-64, 2014.

GRACE, M. H.; YOUSEF, G. G.; GUSTAFSON, S. J.; TRUONG, V. D.; YENCHO, G. C.; LILA, M. A. Phytochemical changes in phenolics, anthocyanins, ascorbic acid, and carotenoids associated with sweetpotato storage and impacts on bioactive properties. **Food chemistry**, v. 145, p. 717-724, 2014.

HALL, A. J.; DEVEREAU, A. D. Low-cost storage of fresh sweet potatoes in Uganda: lessons from participatory and on-station approaches to technology choice and adaptive testing. **Outlook Agriculture**. v. 29, p. 275-82, 2000.

IBGE. Produção Agrícola Municipal – PAM. Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA. Produção agrícola municipal: lavouras temporárias e permanentes, 2017. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457#resultado>. Acesso em: 02 jul. 2019.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. 2019. Rede de estações, Estações automáticas, Gráficos. Brasília: INMET. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>. Acessado em: 06 fev 2019.

JAKOBSEN, I.; SMITH, S. E.; SMITH, F. A.; WATTS-WILLIAMS, S. J.; CLAUSEN, S. S.; GRØNLUND, M. Plant growth responses to elevated atmospheric CO<sub>2</sub> are increased by phosphorus sufficiency but not by arbuscular mycorrhizas. **Journal of experimental botany**, p. erw383, 2016.

JARAMILLO, C. M.; GUTIÉRREZ, T.J.; GOYANES, S.; BERNAL, C.; FAMÁ, L. Biodegradability and plasticizing effect of yerba mate extract on cassava starch edible films. **Carbohydrate Polymers**, v. 151, p. 150–159, 2016.

JUNIOR, E. B.; MONARIM, M. M. S.; CAMARGO, M.; MAHL, C. E. A.; SIMÕES, M. R.; SILVA, C. F. Efeito de diferentes biopolímeros no revestimento de mamão (*Carica papaya* L) minimamente processado. **Revista Varia Scientia Agrárias**, 1(1):131-142, 2010.

KALKMANN, D. C. **Produtividade, qualidade de raiz, resistência aos insetos de solo e aos nematóides-das-galhas, e estimativas de parâmetros genéticos em clones de batata-doce cultivados no Distrito Federal**. Dissertação (Mestrado em Agronomia)- Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, 114 f, 2011.

KHOURY, C. K.; HEIDER, B.; CASTAÑEDA-ÁLVAREZ, N. P.; ACHICANOY, H. A.; SOSA, C. C.; MILLER, R. E.; SCOTLAND, R. W.; WOOD, J. R. I.; ROSSEL, G.; ESERMAN, L. A.; JARRET, R. L.; YENCHO, G. C.; BERNAU, V.; JUAREZ, H.; SANTACRUZ, E.; RIVADENEIRA, C.; CASTRO, M. Edible films based on starch and chitosan. Effect of starch source and concentration, plasticizer, surfactant's hydrophobic tail and mechanical treatment. **Food Hydrocolloids**, v. 49, p. 89–94, 2015.

KULKARNI, B. M.; PUJAR, B. G.; SHANMUKHAPPA, S. Investigation of acid oil as a source of biodiesel. **Indian Journal of Chemical Technology**, v. 15 p. 467–471, 2008.

LAJOLO, F.M.; MENEZES, E.W. Carbohidratos em alimentos regionales Iberoamericanos. **Revista Brasileira Ciência Farmacêutica**, vol. 42, n. 4, 2006.

LUENGO, R. F. A.; CALBO, A. G. **Pós-colheita de hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2011. 251 p.

LUVIELMO, M. M.; LAMAS, S. V.; Revestimentos comestíveis em frutas. **Estudos Tecnológicos em Engenharia**. Pelotas. Vol.8, N.1, p.8-15, 2012.

MADAL, A. P. **Pós-colheita da Batata Doce**. 21 p. (Graduação em agronomia) – Universidade Eduardo Mondlane, Moçambique, 2014. Disponível em: [https://www.academia.edu/30616789/P%C3%B3s-Colheita\\_da\\_Batata\\_Doce](https://www.academia.edu/30616789/P%C3%B3s-Colheita_da_Batata_Doce). Acesso em: 06 ago 2017.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. Agronômica Ceres, 2006.

MARTINS, E. R.; CASTRO, D. M. de; CASTELLANI, D. C.; DIAS, J. E. **Plantas medicinais**. Viçosa: Editora UFV: Universidade Federal de Viçosa, 2000. 220p.

MEDEIROS, J. F.; LISBOA, R. A.; OLIVEIRA, M.; SILVA JÚNIOR, M. J.; ALVES, L. P. Caracterização das águas subterrâneas usadas para irrigação na área produtora de melão da chapada do apodi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 3, p. 469-472, 2003.

MINOLTA CORP. *Precise Color Communication: Color Control from Feeling to Instrumentation*. Osaka: MINOLTA Corp. Ltda., 2007. 60p.

MORRISON, T. A.; PRESSEY, R.; KAYS, S. J. Changes in  $\alpha$ -and  $\beta$ -amylase during Storage of Sweetpotato Lines with Varying Starch Hydrolysis Potential. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 118, n. 2, p. 236-242, 1993. <http://journal.ashspublications.org/content/118/2/236.full.pdf>.

NABUBUYA, A.; NAMUTEBI, A.; BYARUHANGA, Y.; NARVHUS, J.; WICKLUND, T. Influence of development, postharvest handling, and storage conditions on the carbohydrate components of sweetpotato (*Ipomea batatas* Lam.) roots. **Food Science & Nutrition**, v. 5, n. 6, p. 1088-1097, 2017.

NASCIMENTO, S. M. C. **Nutrição mineral e produtividade da batata-doce biofortificada em função de doses de fósforo e potássio**. Tese (doutorado em produção vegetal) UNESP - Universidade Estadual Faculdade Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Jaboticabal, 2013.

Normas de Classificação – Programa Brasileiro para a Modernização da Horticultura. Batata-doce. v.12, n.2, 2014. Disponível em: <[http://www.ceagesp.gov.br/wp-content/uploads/2015/07/batata\\_doce.pdf](http://www.ceagesp.gov.br/wp-content/uploads/2015/07/batata_doce.pdf)>. Acesso em: 30 jun 2019.

NOVAIS, R. F. **Fertilidade do solo**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007.

OKE, M. O.; WORKNEH, T. S. A review on sweet potato postharvest processing and preservation technology. **African Journal of Agricultural Research**, v. 8, n. 40, p. 4990-5003, 2013.

OLIVEIRA, A. P.; OLIVEIRA, M. R. T.; BARBOSA, J. A.; SILVA, G. G.; NOGUEIRA, D. H.; MOURA, M. F.; BRAZ, M. S. S. Rendimento e qualidade de raízes de batata-doce adubada com níveis de uréia. **SUMÁRIO/CONTENT**, v. 23, n. 4, p. 925, 2005.

OLIVEIRA, A. P.; SILVA, J. E. L. da; PEREIRA, W. E.; NEVES BARBOSA, L. J. das. Produção de batata-doce e teor de amido nas raízes em função de doses de  $P_2O_5$ . **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 27, n. 4, 2005.

OLIVEIRA, A. P.; SILVA, J. E. L.; PEREIRA, W. E.; BARBOSA, L. J. N.; OLIVEIRA, A. N. P. Características produtivas da batata-doce em função de doses de  $P_2O_5$ , de espaçamentos e de sistemas de plantio. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, n. 4, p. 611-617, 2006.

OLIVEIRA, L. E. M. de. **Temas em fisiologia vegetal**. Lavras: UFLA, MG, 2015.

OLIVEIRA, V. R. L. de. **Avaliação da incorporação de cera de abelha na hidrofobização de filmes biopoliméricos e seu efeito como cobertura na conservação pós-colheita da goiaba**. Dissertação de Mestrado. Brasil. 2017.

ÖZTÜRK, E.; KAVURMACI, Z.; KARA, K.; POLAT, T. The effects of different nitrogen and phosphorus rates on some quality traits of potato. **Potato research**, v. 53, n. 4, p. 309-312, 2010.

PANJA, P., DEEPIKA, SHARMA, A., SINGH, B. Studies on Physico-Chemical Constituents in Different Cultivars of Sweet Potato under West Bengal Condition. **International Journal of Agriculture, Environment and Biotechnology**, v. 9, p. 979-985, 2016.

PARK, S. Y.; LEE, S. Y.; YANG, J. W.; LEE, J. S.; OH, S. D.; OH, S.; LEE, S. M.; LIM, M. H.; PARK, S. K.; JANG, J. S.; CHO, H. S.; YEO, Y. Comparative analysis of phytochemicals and polar metabolites from colored sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) tubers. **Food Science and Biotechnology**, v. 25, n. 1, p. 283-291, 2016.

PATHIRANA, Ranjith; HARRIS, John C.; MCKENZIE, Marian J. A comparison of microtubers and field-grown tubers of potato (*Solanum tuberosum* L.) for hexoses, sucrose and their ratios following postharvest cold storage. **Postharvest biology and technology**, v. 49, n. 1, p. 180-184, 2008.

QUEIROGA, R. C. F.; SANTOS, M. A.; MENEZES, M. A.; VIEIRA, C. P. G.; SILVA, M. C. Fisiologia e produção de cultivares de batata-doce em função da época de colheita. **Horticultura Brasileira**, v. 25, p. 371-374, 2007.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. International Plant Nutrition Institute, 2011.

RAY, R.C.; RAVI, V.; HEGDE, V.; ROO, K.R. and TOMLINS, K.I. Post Harvest Handling, Storage Methods, Pest and Diseases of Sweet Potato. in: RAY, R.C and TOMLINS, K.I. Sweet Potato: Post Harvest Aspects in Food, Feed and Industry. 3 ed. Nova Science Publishers, inc. New York. p 27-50 e 271-288, 2010.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª aproximação**. Viçosa-MG: UFV, 1999. 359p.

RIBEIRO, R. A. **Conservação pós-colheita e metabolismo de carboidratos em raízes de dois clones de mandioquinha-salsa (*Arracacia xanthorrhiza* Brancroft)**. Viçosa, MG: UFV. Tese de Doutorado. 2003.

SANCHEZ, T.; DUFOUR, D.; MORENO, J. L.; PIZARRO, M.; ARAGÓN, I. J.; DOMINGUEZ, M.; CEBALLOS, H. Changes in extended shelf life of cassava roots during storage in ambient conditions. **Postharvest Biology and Technology**, v. 86, p. 520-528, 2013.

SANTOS, G. C. de S.; MENEZES, K. R. P.; OLIVEIRA, O. M. DE; SANCHES, A. G.; OLIVEIRA, A. R. G. de; CORDEIRO, C. A. M. Influência da aplicação exógena do ácido salicílico e de cloreto de cálcio como alternativas na manutenção da qualidade e no prolongamento da vida útil das raízes de batata-doce. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**, v. 13, p. 56-72, 2017.

SHEKHAR, S.; MISHRA, D.; BURAGOHAIN, A. K.; CHAKRABORTY, S.; CHAKRABORTY, N. Comparative analysis of phytochemicals and nutrient availability in two contrasting cultivars of sweet potato (*Ipomoea batatas* L.). **Food Chemistry**, v. 173, p. 957-965, 2015.

SILVA, A. C. **Efeito da aplicação de adubação fosfatada na qualidade e conservação pós-colheita da melancia Style**. 2015. 80p. Dissertação (mestrado em Fitotecnia), UFRSA-Mossoró 2015.

SILVA, G. O. da; SUINAGA, F. A.; PONIJALEKI, R.; AMARO, G. B. Desempenho de cultivares de batata-doce para caracteres relacionados com o rendimento de raiz. **Revista Ceres**, v. 62, n. 4, 2015.

SILVA, G. O.; TAKIZAWA, F. F.; PEDROSO, R. A.; FRANCO, C. M. L.; LEONEL, M.; SARMENTO, S. B. S.; DEMIATE, I. M. Características físico-químicas de amidos modificados de grau alimentício comercializados no Brasil. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 1, p. 188-197, 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/cta/v26n1/28869.pdf>. Acesso em: 04 dez. 2017.

SILVA, G. S. **Adubação fosfatada e potássica para repolho cultivado em Latossolo com teor alto dos nutrientes**. Tese Doutorado. UNESP - Universidade Estadual Faculdade Paulista "Júlio de Mesquita Filho" Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Jaboticabal, 2012.

SILVA, J. B. C. da; LOPES, C. A. L.; MAGALHÃES, J. S.M. Embrapa Hortaliças, Sistemas de Produção, 6 ISSN 1678-880X Versão Eletrônica Jun./2008 Acesso em: 26 ago 2017.

SILVA, J. B. C.; LOPES, C. A.; MAGALHÃES, J. S. **Cultura da batata-doce. Agricultura: Tuberosas amiláceas latino americanas**, São Paulo: Cargill, v. 2, p. 449-503, 2002.

SOUTHGATE, D. A. T. Determination of foods carboydrates. **London: Elsevier Applied Science**, p. 232, 1991.

SOUZA, P. A.; FINGER, F. L.; ALVES, R. E.; PUIATTI, M.; CECON, P. R.; MENEZES, J. B. Conservação pós-colheita de melão Charentais tratado com 1-MCP e armazenado sob refrigeração e atmosfera modificada. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 1, p. 464-470, 2008.

STATHERS, T.; BECHOFF, A.; SINDI, K.; LOW, J.; NDYETABULA, D. **Tudo o que Sempre Quis Saber sobre a Batata-doce: Manual decapacitação CdF - Alcançando Agentes de Mudança. Colheita e manejo pós-colheita, Processamento e Utilização, Marketing e Empreendedorismo**. Centro Internacional da Batata, Nairobi, Quênia. v. 5, 2013.

SUNMOLA, A. I.; BUKOYE, O. O. Biochemical response of sweet potato to bemul-wax coating combined with calcium chloride treatment during ambient storage. **African Journal of Biotechnology**, v. 10, n. 14, p. 2724-2732, 2011.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 954 p.

TAKAHATA, Y.; NODA, T.; SATO, T. Changes in carbohydrates and enzyme activities of sweetpotato lines during storage. **Journal of Agricultural and food chemistry**, v. 43, n. 7, p. 1923-1928, 1995. <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/jf00055a03>.

TOMLINS, K.; OWORI, C.; BECHOFF, A.; MENYA, G.; WESTBY, A. Relationship among the carotenoid content, dry matter content and sensory attributes of sweet potato. **Food Chemistry**, v. 131, n. 1, p. 14-21, 2012.

TORTOE, C.; OBODAI, M.; AMOA-AWUA, W. Microbial deterioration of white variety sweet potato (*Ipomoea batatas* (L) Lam) under different storage structures. **International Journal of Plant Biology**, v. 1, p. 52-55, 2010.

TRUONG, V. D.; PASCUA, Y. T.; REYNOLDS, R.; THOMPSON, R. L., PALAZOĞLU, T. K.; MOGOL, R. A.; GÖKMEN, V. Processing treatments for mitigating acrylamide formation in sweet potato French fries. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 62, p. 310–316, 2014.

VIEIRA, E. L.; PEREIRA, M. E. C.; SANTOS, D. B.; LIMA, M. A. C. Aplicação de biofilmes na qualidade da manga ‘Tommy Atkins’. **Magistra**, v. 21, n. 3, p.165-170, 2009.

WANG, S.; NIE, S.; ZHU, F. Chemical constituents and health effects of sweet potato. **Food Research International**, v. 89, p. 90-116, 2016.

WANG, SHU-JEN.; CHEN, MEI-HUI; KAI-WUN, YEH; HAI-WUN, TSAI; CHIA-YIN. Changes in Carbohydrate Content and Gene Expression During Tuberos Root Development of Sweet Potato. **Journal Plant Biochemistry & Biotechnology**, v. 15, p. 21-25, 2006.

YANG, H.; LI, X.; LU, G. Effect of carnauba wax–based coating containing glycerol monolaurate on decay and quality of sweet potato roots during storage. **Journal of food protection**, v. 81, n. 10, p. 1643-1650, 2018.

YEMN, E.W.; WILLIS, A. J. The estimation of carbohydrate in plant extracts by anthrone. **The Biochemical Journal**, London, p. 57:508-14, 1954.

YOUSSEFI, F.; KITINOJA, L.; WHEELER, L. E. **O processo da cura**. Disponível em: [www.sonorapacific.com/presentations/training-brochures?download=64](http://www.sonorapacific.com/presentations/training-brochures?download=64). Acesso em: 05 agos. 2016.

ZAVAREZE, E. R.; HALAL, S.; PEREIRA, J. M.; RADUNZ, A.; ELIAS, M. C.; DIAS, A. R. G. Caracterização química e rendimento de extração de amido de arroz com diferentes teores de amilose. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 5, p. 24-30, 2009.

ZENEON, O.; PASCUET, N. S.; TIGLEA, P. (eds). **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. Instituto Adolfo Lutz: São Paulo, 2008.

ZHANG, D.; ZHANG, C.; TANG, X.; LI, H.; ZHANG, F.; RENGEL, Z.; WHALLEY, W. R.; DAVIES, W. J.; SHEN, J. Increased soil phosphorus availability induced by faba bean root exudation stimulates root growth and phosphorus uptake in neighbouring maize. **New Phytologist**, v. 209, n. 2, p. 823-831, 2016.

ZHANG, Z.; WHEATLEY, C. C.; CORKE, H. Biochemical changes during storage of sweet potato roots differing in dry matter content. **Postharvest biology and technology**, v. 24, n. 3, p. 317-325, 2002.