

PABLO HENRIQUE DE ALMEIDA OLIVEIRA

PRODUÇÃO, QUALIDADE E COMPOSTOS BIOATIVOS DE BATATA-DOCE
SUBMETIDA À ADUBAÇÃO FOSFATADA

Serra Talhada - PE

2022

**O
L
I
V
E
I
R
A**

**P
H
A**

**P
R
O
D
U
Ç
Ã
O**

**,
Q
U
A
L
I
D
A
D
E**

E

C

**.
.
2
0
2
2**

PABLO HENRIQUE DE ALMEIDA OLIVEIRA

PRODUÇÃO, QUALIDADE E COMPOSTOS BIOATIVOS DE BATATA-DOCE
SUBMETIDA À ADUBAÇÃO FOSFATADA

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Orientadora: Profa. Dra. Lindomar Maria da Silveira

Serra Talhada - PE

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca da UAST, Serra Talhada-PE, Brasil

O48p Oliveira, Pablo Henrique de Almeida
Produção, qualidade e compostos bioativos de batata-doce submetida à
adubação fosfatada / Pablo Henrique de Almeida Oliveira. – Serra
Talhada, 2022.
75 f. : il.

Orientadora: Lindomar Maria da Silveira
Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal
Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, Serra
Talhada, PE, 2022.

Inclui referências.

1. Ipomoea batatas. 2. Produtividade. 3. Cultivares. 4. Raízes
tuberosas. 5. Antioxidantes I. Silveira, Lindomar Maria da, orient. II.
Título.

CDD 631

PABLO HENRIQUE DE ALMEIDA OLIVEIRA

PRODUÇÃO, QUALIDADE E COMPOSTOS BIOATIVOS DE BATATA-DOCE
SUBMETIDA À ADUBAÇÃO FOSFATADA

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

APROVADO em ____/____/____

Banca Examinadora

Profa. Dra. Lindomar Maria da Silveira - UFERSA
Orientadora

Prof. Dr. Ênio Gomes Flôr Souza – IFAL, *Campus* Piranhas
Examinador Externo

Dr. Flávio Pereira da Mota Silveira - UFRN
Examinador Externo

Aos meus pais, Elizângela Carvalho de Almeida e Francisco Júnior de Souza Oliveira, e minha avó, Maria das Neves Carvalho de Almeida, pois sempre me apoiaram e me incentivaram a nunca desistir dos meus objetivos.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, o todo poderoso, por me abençoar em todas as circunstâncias e me proporcionar saúde, sabedoria, paciência, proteção e inúmeras bênçãos no decorrer dessa trajetória;

Aos meus pais, Elizângela Carvalho de Almeida e Francisco Júnior de Souza Oliveira e, a minha avó, Maria das Neves Carvalho de Almeida, por todas as orações e palavras de conforto, que de certa forma fazem muita diferença. Além disso, se fizeram presentes em momentos difíceis, mesmo estando distantes;

À Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UAST) da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) pelo ensino de qualidade, pelas vivências e oportunidades propiciadas;

À Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), pela realização da minha pesquisa e por todas as vivências;

Aos professores que fazem parte do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal da UAST por todo conhecimento repassado e pela contribuição para a formação de novos cientistas e profissionais capacitados;

A minha orientadora, Prof. Dra. Lindomar Maria da Silveira pela paciência, confiança, ensinamentos, conselhos e orientação. Agradeço muito e um pouco mais!

Ao nosso chefe de laboratório e campo, Dr. Welder Lopes pela paciência, auxílio nas atividades, conselhos, ensinamentos e por estar sempre disponível para ajudar;

Ao Prof. Dr. Aurélio Barros, pelas dicas e ensinamentos sobre o manejo da cultura da batata-doce;

Ao Dr. Flávio Silveira, pela sua disponibilidade, conhecimento e contribuição para a construção da dissertação;

Aos técnicos de laboratório, Naama Jéssica e Bruno Caio por todo o auxílio nas análises e pela utilização dos equipamentos e vidrarias do Centro de Pesquisas Vegetais do Semi-Árido (CPVSA) e do Laboratório de Pós-colheita ambos pertencentes ao Centro de Ciências Agrárias (CCA) da UFERSA;

Às amigas realizadas na UAST – UFRPE, na UFERSA e em Mossoró que foram essenciais e que levarei para o resto de minha vida!

Às amigas realizadas em Serra Talhada-PE, em especial, Rhaiana Aviz, Nágila Guedes, Simone Andréa e Elania Freire pelos vários momentos vivenciados remotamente e presencialmente;

Ao Grupo de Estudos e Pesquisa em Produção Agrícola e Recursos Genéticos Vegetais (GEPPARG), em especial, a Ester dos Santos, Welder Lopes, Pablo Costa, Elania Freire, Anna Kézia, Ewerton Barbosa, Gisele Lopes, Antônio Gideilson, Antônio Bezerra e Valécia Nogueira, por toda a ajuda e momentos de descontração;

Aos alunos de iniciação científica (IC) e agregados, Artur, Travassos, Marvigna, Vinícius, Éric, Vanessa, Bianca, Pedro por toda a ajuda também;

Ao técnico Flabênio, por toda a ajuda em campo, dicas, conselhos e pela amizade construída!

Aos terceirizados, Esleique, Josimar e Nanan por toda ajuda, vocês são essenciais!

Agradeço a todos que ajudaram de forma direta e indireta!

Muito obrigado!

Suba o primeiro degrau com fé. Não é necessário que você veja toda a escada. Apenas dê o primeiro passo.

(Martin Luther King Jr.)

RESUMO GERAL

A batata-doce está entre as culturas alimentícias mais importantes do mundo, devido sua significância na dieta humana e na segurança alimentar, sendo rica em vitaminas, minerais e substâncias antioxidantes. Embora seja uma cultura rústica, a batata-doce reponde bem à nutrição mineral. O fósforo (P) é nutriente mineral primordial para as plantas, pois está diretamente ligado em processos fisiológicos e bioquímicos essenciais para a manutenção vegetal, podendo influenciar na produção e na qualidade final do produto. Assim, o objetivo do trabalho foi verificar a influência de doses de P na produção, qualidade e compostos bioativos de batata-doce em ambiente semiárido. O primeiro experimento foi realizado na Fazenda Experimental Rafael Fernandes, pertencente a Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró-RN, nas épocas de cultivo (abril a agosto de 2021 e dezembro de 2021 a abril de 2022). O delineamento foi em blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos consistiram das doses de P (0, 60, 120, 180 e 240 kg ha⁻¹ P₂O₅) e a cultivar utilizada foi Paraná. Após a colheita das raízes, realizada 154 dias após o plantio, foram avaliadas as características: classificação, número e produtividade de raízes (comerciais, não-comerciais e totais), massa média e porcentagem de raízes comerciais. Considerando-se as raízes comerciais, avaliaram-se também: comprimento, diâmetro, formato, firmeza, elasticidade, tempo de cocção e matéria seca. Também foram avaliadas a matéria seca e a produção da parte aérea. O segundo experimento foi realizado em laboratório, utilizando as raízes colhidas do período de dezembro de 2021 a abril de 2022. O delineamento foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5x3 com duas repetições. O primeiro fator consistiu das doses de P e o segundo fator das cultivares (Paraná, BRS Amélia e BRS Cuia. Foram avaliados o pH, sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), relação SS/AT, vitamina C, açúcares solúveis e os compostos bioativos: flavonoides, antocianinas e carotenoides. Para o primeiro experimento, as doses de P influenciaram as características de produção, principalmente, na dose 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅ que proporcionou incrementos na quantidade e na massa de raízes tuberosas comerciais, melhorando a classificação das raízes com padrões de medidas e pesos ideais para a comercialização. As características de qualidade foram satisfatórias para a dose 180 kg ha⁻¹ de P₂O₅, reduzindo a firmeza e proporcionando redução no tempo de cocção das raízes tuberosas de batata-doce na época de cultivo de dezembro de 2021 a abril de 2022. A época de cultivo de dezembro 2021 a abril de 2022 apresentou os melhores resultados nas características de produção e qualidade. Para o segundo experimento, a dose 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅ promoveu incrementos para os parâmetros de pH, SS, AT e Relação SS/AT, principalmente, para a cultivar BRS Cuia em relação as outras cultivares. A cultivar BRS Amélia apresentou incrementos nos açúcares solúveis totais na dose 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅. A dose 240 kg ha⁻¹ de P₂O₅ proporcionou maiores teores de flavonoides e antocianinas na cultivar Paraná em relação as demais. Enquanto, o conteúdo de carotenoides para a cultivar Paraná foram aumentados em todas as doses fosfatadas, principalmente, na dose 60 kg ha⁻¹, mostrando que a cultivar apresenta um grande potencial antioxidante, favorecendo a segurança alimentar.

Palavras-chave: *Ipomoea batatas*; produtividade; cultivares; raízes tuberosas; antioxidantes.

GENERAL ABSTRACT

Sweet potato is among the most important food crops in the world, due to its significance in the human diet and food security, being rich in vitamins, minerals and antioxidant substances. Although it is a hardy crop, sweet potato responds well to mineral nutrition. Phosphorus (P) is an essential mineral nutrient for plants, as it is directly linked to physiological and biochemical processes essential for plant maintenance, which can influence production and the final quality of the product. Thus, the objective of this work was to verify the influence of P doses on the production, quality and bioactive compounds of sweet potato in a semiarid environment. The first experiment was carried out at the Rafael Fernandes Experimental Farm, belonging to the Federal Rural University of the Semi-Arid, Mossoró-RN, during the growing seasons (April to August 2021 and December 2021 to April 2022). The design was in randomized blocks, with four replications. The treatments consisted of P doses (0, 60, 120, 180 and 240 kg ha⁻¹ P₂O₅) and the cultivar used was Paraná. After harvesting the roots, carried out 154 days after planting, the following characteristics were evaluated: classification, number and productivity of roots (commercial, non-commercial and total), average mass and percentage of commercial roots. Considering the commercial roots, the following were also evaluated: length, diameter, shape, firmness, elasticity, cooking time and dry matter. Dry matter and shoot production were also evaluated. The second experiment was carried out in the laboratory, using the roots harvested from December 2021 to April 2022. The design was completely randomized, in a 5x3 factorial scheme with two replications. The first factor consisted of the P doses and the second factor of the cultivars (Paraná, BRS Amélia and BRS Cuia). The pH, soluble solids (SS), titratable acidity (AT), SS/AT ratio, vitamin C, soluble sugars were evaluated. and the bioactive compounds: flavonoids, anthocyanins and carotenoids. For the first experiment, the P doses influenced the production characteristics, mainly at the dose of 60 kg ha⁻¹ of P₂O₅, which provided increments in the quantity and mass of commercial tuberous roots, improving the classification of the roots with standards of measures and ideal weights for commercialization. The quality characteristics were satisfactory for the dose 180 kg ha⁻¹ of P₂O₅, reducing the firmness and providing a reduction in the cooking time of the tuberous roots of sweet potato in the growing season from December 2021 to April 2022. The growing season from December 2021 to April 2022 showed the best results in terms of production and quality characteristics. For the second experiment, the dose 120 kg ha⁻¹ of P₂O₅ promoted increments for the parameters of pH, SS, AT and SS/AT Ratio, mainly, for the cultivar BRS Cuia in relation to the other cultivars. The cultivar BRS Amélia showed increases in total soluble sugars at the dose of 120 kg ha⁻¹ of P₂O₅. The dose 240 kg ha⁻¹ of P₂O₅ provided higher levels of flavonoids and anthocyanins in the cultivar Paraná in relation to the others. Meanwhile, the carotenoid content for the cultivar Paraná was increased in all phosphate doses, mainly at the dose of 60 kg ha⁻¹, showing that the cultivar has a great antioxidant potential, favoring food security.

Keywords: *Ipomoea batatas*; productivity; cultivars; tuberous roots; antioxidants.

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 2

Figura 1. Firmeza (A), elasticidade (B) e tempo de cocção (C) da cv. Paraná submetida a doses de fósforo. Mossoró-RN, UFERSA, 2022.....49

Capítulo 3

Figura 1. Raízes tuberosas de batata-doce, respectivamente, Paraná (P), BRS Amélia (A) e BRS Cuia (C). Mossoró-RN, UFERSA, 2022.64

Figura 2. pH (A), Sólidos solúveis (B), Acidez titulável (C), Relação SS/AT (D), Vitamina C (E) e Açúcares solúveis totais (F) das raízes tuberosas de batata-doce em função da adubação fosfatada. Mossoró-RN, UFERSA, 2022.67

LISTA DE TABELAS

Capítulo 2

- Tabela 1.** Média dos dados meteorológicos da Fazenda Experimental Rafael Fernandes nos meses de condução do experimento em duas épocas de cultivo. Mossoró-RN, UFERSA, 2022.40
- Tabela 2.** Análise química do solo da área experimental das duas épocas de cultivo. Mossoró-RN, UFERSA, 2022.40
- Tabela 3.** Valores médios do número total de raízes (NTR), número de raízes com padrão comercial (NRC), número de raízes não comerciais (NRNC), massa total de raízes (MTR), massa de raízes comerciais (MRC), massa de raízes não comerciais (MRNC), massa média de raiz comercial (MMRC) e porcentagem média de raízes comerciais (PMRC) da cv. Paraná submetida a doses de fósforo em duas épocas de cultivo. Mossoró-RN, UFERSA, 2022.44
- Tabela 4.** Quantidade de raízes tuberosas e valores médios da classificação em tipos pelo peso (Extra A – 301 a 400 g; Extra B – 201 a 300 g; Especial – 151 a 200 g; Diversos – 80 a 150 g ou maiores que 400 g) na cv. de batata-doce Paraná submetida a doses de fósforo em duas épocas de cultivo. Mossoró-RN, UFERSA, 2022.....45
- Tabela 5.** Valores médios do comprimento de raízes tuberosas comerciais (CRTC), diâmetro de raízes tuberosas comerciais (DRTC) e formato de raízes tuberosas comerciais (FRTC) da cv. Paraná submetida a doses de fósforo em duas épocas de cultivo. Mossoró-RN, UFERSA, 2022.46
- Tabela 6.** Valores médios dos teores de matéria seca de raízes tuberosas (MSRT), matéria seca da parte aérea (MSPA), produção de matéria seca da parte aérea (PMSPA) e índice de colheita (IC) da cv. Paraná submetida a doses de fósforo em duas épocas de plantio. Mossoró-RN, UFERSA, 2022.47

Capítulo 3

- Tabela 1.** Média dos dados meteorológicos da Fazenda Experimental Rafael Fernandes nos meses de condução do experimento. Mossoró-RN, UFERSA, 2022.63

Tabela 2. Valores médios dos compostos bioativos (CBA) de raízes tuberosas de batata-doce em função da adubação fosfata. Mossoró-RN, UFERSA, 2022.	68
--	----

Sumário

APRESENTAÇÃO	16
REFERÊNCIAS	18
CAPÍTULO 1 - REVISÃO DE LITERATURA	20
BATATA-DOCE.....	20
Origem e importância	20
Características morfológicas e ecofisiologia da batata-doce.....	21
Variabilidade em batata-doce e implicações para a cadeia produtiva.....	22
FÓSFORO	24
QUALIDADE E COMPOSTOS BIOATIVOS.....	26
REFERÊNCIAS	28
CAPÍTULO 2 - PRODUÇÃO E QUALIDADE DE BATATA-DOCE SUBMETIDA A ADUBAÇÃO FOSFATADA.....	35
1. INTRODUÇÃO	37
2. MATERIAL E MÉTODOS	39
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
4. CONCLUSÃO.....	51
REFERÊNCIAS	52
CAPÍTULO 3 – QUALIDADE E COMPOSTOS BIOATIVOS DE BATATA-DOCE EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO FOSFATADA.....	58
1. INTRODUÇÃO	60
2. MATERIAL E MÉTODOS	62
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	65
4. CONCLUSÃO.....	70
REFERÊNCIAS	71

APRESENTAÇÃO

A batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) é uma hortaliça que pode ser aplicada em vários setores industriais (alimentício, pecuário e energético), originando cosméticos, corantes (OKADA et al., 2019), biopolímeros, como plástico biodegradável (SILVEIRA et al., 2014; WIDODO et al., 2015), e produção de etanol (LAREO et al., 2013; EL SHEIKHA e RAY, 2017). As raízes tuberosas da batata-doce variam em forma, tamanho e cor, levando-se em consideração a cultivar e o ambiente onde são produzidas. Além do mais, apresentam componentes funcionais como carboidratos, fibras dietéticas, provitamina A, carotenoides, polifenóis e antocianinas, primordiais para a saúde humana (HUSSEIN et al., 2014).

No que diz respeito à nutrição mineral, a batata-doce apresenta incremento de produtividade com o fornecimento da adubação equilibrada (EMBRAPA, 2021). Os solos do semi-árido apresentam baixa disponibilidade de fósforo (P) (SAMPAIO et al., 2009; JANSÁ et al., 2019; WANG e LAMBERS, 2020). Por sua vez, o P é indispensável para as plantas, pois é um macronutriente essencial que realiza um papel estrutural e regulatório na fotossíntese, metabolismo de carbono, conservação de energia, reações enzimáticas e síntese de ácidos nucleicos (VANDEWEELE et al., 2003). Esse nutriente também amplifica a eficiência do uso de água pela planta, bem como melhora a assimilação e utilização de outros nutrientes, provenientes do solo ou do adubo, aumentando a resistência da planta a certas doenças, suportando baixas temperaturas e déficit hídrico (PENATTI, 2013).

Com o intuito de superar a limitação da baixa disponibilidade desse nutriente para os vegetais, e manter um alto nível de produção agrícola mundial, são aplicadas grandes quantidades de fertilizantes fosfatados (SATTARI et al., 2012). Mas, a aplicação exagerada de adubos fosfatados pode impulsionar problemas ambientais, como a eutrofização (CORDELL et al., 2009), acúmulo de metais tóxicos (VAN DE WIEL et al., 2016) e contaminação de corpos d'água e lagos (FITA et al., 2011). Entretanto, para amenizar futuros impactos ambientais e econômicos na agricultura, alguns pesquisadores defendem a utilização de genótipos eficientes em relação ao uso de fósforo, para reduzir a aplicação de fertilizantes fosfatados (ROSE et al., 2012).

Nesse sentido, com o aumento das exigências de mercado, é necessário que além do aumento da produção, o produto colhido apresente uma qualidade desejada. Pois, a produção e qualidade podem ser afetadas por vários fatores: genótipos, nutrição mineral, irrigação, ponto de colheita, pós-colheita e fatores ambientais (MORETTI et al., 2010; RAY et al., 2010). Além dos inúmeros benefícios e utilidades, a batata-doce possui fácil adaptação ao meio em que é inserida por ser uma espécie rústica (MELO et al., 2011). Assim, a sua

implantação acaba sendo pouca onerosa, exigindo poucos investimentos na lavoura (CASTRO e NORONHA, 2018), o que realça a importância econômica dessa cultura (SILVA et al., 2015). São poucos os trabalhos que utilizam a adubação fosfatada em batata-doce, além disso, a batata-doce possui diversas cultivares e cada uma pode apresentar um comportamento produtivo ou de qualidade em relação a aplicação de doses de P. Com esse trabalho, objetiva-se verificar a influência das doses de P na produção, qualidade e compostos bioativos de batata-doce em ambiente semiárido.

REFERÊNCIAS

CASTRO, L. A. S.; NORONHA, A. D. H. Cultivo da batata-doce: principais utilidades. In: WOLFF, L. F.; MEDEIROS, C. A. B. (Ed.). **Alternativas para a diversificação da agricultura familiar de base ecológica**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2018. 63 p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 467). Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1101040>>. Acesso em: 01 de jun. 2022.

CORDELL, D.; DRANGER, T. J.; WHITE, S. The story of phosphorus: global food security and food for thought. **Global Environ Change Human Policy Dimens**, v. 19, p. 292-305, 2009.

EL SHEIKHA, A. F.; RAY, R. C. Potential Impacts of Bio-processing of Sweet Potato: Review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Amherst, v. 57, n. 3, p. 455-471, 2017.

EMBRAPA. Sistema de produção de batata-doce. Embrapa Hortaliças, sistema de produção, 9, 2021. ISSN 1678-880X, versão eletrônica. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/web/portal/hortaliças/como-plantar-batata-doce>>. Acesso: 01 de jun. 2022.

FITA, A.; NUEZ, F.; PICÓ, B. Diversity in root architecture and response to P deficiency in seedlings of *Cucumis melo* L. **Euphytica**, v. 181, p. 323-339, 2011.

HUSSEIN, S.M.; JASWIR, I.; JAMAL, P.; OTHMAN, R. Carotenoid Stability and Quantity of Different Sweet Potato Flesh Colour over Postharvest Storage Time. **Advances in Environmental Biology**, v. 8, p. 667-671, 2014.

JANSA, J.; FORCZEK, S. T.; ROZMOŠ, M.; PÜSCHEL, D.; BUKOVSKÁ, P.; HRŠELOVÁ, H. Arbuscular mycorrhiza and soil organic nitrogen: network of players and interactions. **Chemical and Biological Technologies in Agriculture**, v. 6, n. 1, p. 1-10, 2019.

LAREO, C.; FERRARI, M. D.; GUIGOU, M.; FAJARDO, L.; LARNAUDIE, V.; RAMÍREZ, M. B.; MARTÍNEZ-GARREIRO, J. Evaluation of sweet potato for fuel bioethanol production: hydrolysis and fermentation. **SpringerPlus**, Heidelberg, v. 2, n. 493, p. 1-11, 2013.

MELO, W. F. de; SILVA, J. B. C. da; GOMES, L. M.; MOITA, A. W.; AMARO, G. B.; FERNANDES, F. R.; NUTTI, M. R.; DUSI, A. N. Biofortificação no Brasil (BioFORT): avaliação preliminar de clones de batata-doce ricos em betacaroteno em duas épocas de plantio. **REUNIÃO DE BIOFORTIFICAÇÃO NO BRASIL**, n. 1, p. 2675–2680, 2011.

MORETTI, C. L.; MATTOS, L. M.; CALBO, A. G.; SARGENT, S. A. Climate changes and potential impacts on postharvest quality of fruit and vegetable crops: A review. **Food Research International**, v. 43, p. 1824–1832, 2010.

OKADA, Y.; MONDEN, Y.; NOKIHARA, K.; SHIRASAWA, K.; ISOBE, S.; TAHARA, M. Estudos de Associação Geral do Genoma (GWAS) para Resistência ao

Rendimento e ao Gorgulho em Batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam). **Relatórios de células vegetais**, v. 38, n. 11, p. 1383-1392, 2019.

PENATTI, P. C. **Adubação da cana-de-açúcar: 30 anos de experiência**. São Paulo: Ottoni, Editora, 2013.

RAY, R. C.; RAVI, V.; HEGDE, V.; RAO, K. R.; TOMLINS, K. I. Postharvest handling, storage methods, pest and diseases of sweet potato In: RAY, R. C.; TOMLINS, K. I. (org.). **Sweet potato: Post harvest aspects in food, feed and industry**. New York: Nova Science Publishers Inc., 2010.

ROSE, T. J.; PARIASCA-TANAKA, J.; ROSE, M. T.; MORI, A.; WISSUWA, M. Seeds of doubt: Re-assessing the impact of grain P concentrations on seedling vigor. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v. 175, p. 799-804, 2012.

SAMPAIO, E. V. S. B.; ARAÚJO, M. S. B.; SALCEDO, I. H.; MENEZES, R. S. C. **Agricultura sustentável no semi-árido nordestino**. Recife, Editora Universitária UFPE, 2009.

SATTARI, S. Z.; BOUWMAN, A. F.; GILLER, K. E.; VAN ITTERSUM, M. K. Residual soil phosphorus as the missing piece in the global phosphorus crisis puzzle. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 109, p. 6348-6353, 2012.

SILVA, G. O.; 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, p.379-383, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/0034-737X201562040007>.

SILVEIRA, M. A.; DIAS, L. E.; ALVIM, T. C.; TAVARES, I. B.; SANTANA, W. R.; SOUZA, F. R.; DIAS, L. E.; VITAL, M. K. G. S.B. "A cultura da batata-doce como fonte de matéria-prima para produção de Etanol". **Boletim técnico**, UFT- Palmas, P.21-24/43-45, 2014.

VAN DE WIEL, C. C. M., VAN DER LINDEN, C. G., SCHOLTEN, O. E. Improving phosphorus use efficiency in agriculture: opportunities for breeding. **Euphytica**, v. 207, p. 1-22, 2016.

VANCE, C. P., UHDE-STONE C., ALLAN, D. L. Phosphorus acquisition and use: critical adaptations by plants for securing a nonrenewable resource. **New Phytologist**, v. 157, p. 423-447, 2003.

WANG, Y.; LAMBERS, H. Root-released organic anions in response to low phosphorus availability: recent progress, challenges and future perspectives. **Plant and Soil**, v.447, n.1, p.135-156,2020.

WIDODO, Y.; WAHYUNINGSIH, S.; UEDA, A. Sweet potato production for bio-ethanol and food related industry in indonesia: Challenges for sustainability. **Procedia Chemistry**, v. 14, p. 493-500, 2015.

CAPÍTULO 1 - REVISÃO DE LITERATURA

BATATA-DOCE

Origem e importância

A batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) é originária das Américas Central e Sul, sendo encontrada desde a Península de Yucatán, no México, até a Colômbia (SILVA et al., 2002; SÁNCHEZ et al., 2019). Relata-se que a batata-doce já foi utilizada há mais de 10 mil anos, a partir de vestígios de batatas secas encontradas em escritas arqueológicas em regiões ocupadas pelos Maias, e em cavernas no Peru (SILVA et al., 2008). A localização geográfica e a origem botânica da batata-doce ainda são desconhecidas (ROULLIER et al., 2013a). Existem hipóteses que indicam a origem dessa espécie, onde a partir de hibridação natural da *Ipomoea trifida* e *I. triloba*, ancestrais de batata-doce foram gerados em algum lugar da Península de Yucatán e no Rio Orinoco (AUSTIN, 1988).

Outra hipótese é a que *I. trifida* sofre variação de diploide para hexaploide, através de um complexo autoploide, e que por meio desses grupos originou-se a domesticação da batata-doce (KOBAYASHI, 1984). Por meio de marcadores como Restriction Fragment length Polymorphism (RFLP), Random Amplified polymorphic DNA (RAPD) e Simple Sequence Repeats (SSR), além de investigação citogenética, esses estudos realizados, detalham que o genoma hexaploide da *I. batatas* está diretamente relacionado com três genomas, sendo um proveniente de parental distante, e os outros dois intimamente relacionados (MAGOON et al., 1970; BUTELER et al., 2002; SRISUWAN et al., 2006). Já por meio dos marcadores moleculares identificaram que a batata-doce está mais relacionada com *I. trifida* do que com *I. triloba* (ROULLIER et al., 2013b; NUNES, 2016). Na China e na Malásia, é cultivada uma espécie denominada de *I. aquática*, que também é cultivada com alimento, no qual, suas folhas e brotos são consumidos como hortaliças (ECHER, 2015).

A batata-doce é uma cultura que apresenta grande possibilidade de uso, e por isso, é uma das tuberosas mais cultivadas no mundo, especialmente, na África Subsaariana, partes da Ásia e Ilhas do Pacífico (NEUNFELD, 2019). A produção mundial de batata-doce corresponde a 91,94 milhões de toneladas em 8,06 milhões de hectares de área, propiciando uma produtividade média de 11,40 t ha⁻¹. A China é o principal produtor mundial de batata-doce, levando-se em consideração os dados mundiais de cultivo, com uma produção de 53,01 milhões de toneladas, correspondendo 57,65% da produção mundial e cerca de 87,31% da produção do continente asiático (FAO, 2020). A produção brasileira, nos últimos anos,

avançou de 477.472 toneladas no ano de 2009, para 847,9 mil toneladas em 2020 em 59.481 ha, contendo uma produtividade média de 14,255 t ha⁻¹, sendo a quarta hortaliça mais cultivada (IBGE, 2021).

A região brasileira com maior área plantada (28.286 ha) é a Nordeste, seguida da região Sul com (15.056 ha) e da região Sudeste (15.054 ha). No entanto, as maiores produtividades médias foram evidenciadas nas regiões Centro-Oeste com 19,381 t ha⁻¹, Sudeste com 17,970 t ha⁻¹, Sul com 14,232 t ha⁻¹, Norte com 13,465 t ha⁻¹ e a região Nordeste com de 12,233 t ha⁻¹ (IBGE, 2021). Só no Nordeste, concentra-se 47% da área plantada no país com a cultura da batata-doce. Dentre os estados que se destacam, estão Ceará, Paraíba, Rio Grande do Norte, Alagoas, Sergipe e Pernambuco (IBGE, 2021).

Nos últimos anos, a batata-doce conquistou muitos consumidores, principalmente, os que a utilizam em dietas, ou simplesmente gostam de consumir alimentos mais saudáveis, sendo uma ótima fonte de energia (açúcares e outros carboidratos), vitaminas, minerais e compostos antioxidantes (BETEMPS e PINTO, 2015). Podendo ser consumida assada ou cozida, a batata-doce é uma hortaliça que, para muitas pessoas, serve somente para a alimentação familiar, entretanto, pode ser utilizada como matéria-prima industrial, pois possui alto valor nutricional, carboidratos, β -caroteno, antocianinas, fibra dietética, compostos fenólicos, ácido ascórbico e fólico, provitamina A e sais minerais (VIZZOTTO et al., 2018). Somando aos usos citados, pode ainda ser utilizada como matéria-prima para a produção de etanol, doces, sobremesas industrializadas, macarrão, bem como ser utilizado como, amido e farinha, sendo um vegetal de utilidade diversificada (OLIVEIRA, 2013; CAMARGO et al., 2016; ERTHAL et al., 2018; MAINO et al., 2019).

Características morfológicas e ecofisiologia da batata-doce

A batata-doce encontra-se dispersada por todo o território brasileiro. Essa planta também, apresenta autoincompatibilidade, ou seja, um mecanismo que propicia a polinização cruzada, e que normalmente é polinizada por insetos, favorecendo um alto grau de heterozigose. Essa característica favorece a variabilidade fenotípica e genotípica observada nesta cultura (MIRANDA, 1984; MURILO, 1990; DAROS, 1999). A família botânica Convolvulaceae, a qual pertence a espécie, compreende aproximadamente 50 gêneros e mais de 1000 espécies (SILVA et al., 2004). Essa espécie dicotiledônea apresenta caule herbáceo de hábito prostrado (EMBRAPA, 2008). Suas folhas são largas com formatos e cores variáveis. As flores são hermafroditas, porém de fecundação cruzada, devido à

autoincompatibilidade (SILVA et al., 2008). O sistema radicular da batata-doce é constituído por dois tipos de raízes: as raízes absorventes, caracterizadas por serem finas, e com a capacidade de absorver água e nutrientes do solo. E as raízes de reserva ou tuberosas que possuem maior espessura, com a capacidade de armazenar, sendo a parte mais importante da planta, por possuir grande interesse comercial (RAMOS, 2004).

Considerada uma cultura tropical e subtropical, batata-doce é uma espécie que tolera climas amenos, embora a temperatura seja apontada como um dos fatores que podem afetar o crescimento e desenvolvimento da cultura, pois interfere no desenvolvimento das raízes tuberosas, prejudicando a produtividade (SOMASUNDARAM e MITHRA, 2008; ERPEN, 2013). A batata-doce pode tolerar variações de temperatura de 15 a 30 °C, mas, responde melhor, com médias de 24 a 25°C. Médias variando de 10 a 15 °C podem resultar em atraso no crescimento (ERPEN et al., 2013; OLIVEIRA, 2013; ERTHAL et al., 2018). Resultados de pesquisa denotam que o desenvolvimento da batata-doce foi afetado, quando exposta a temperatura de 12 °C, ocasionando redução da taxa de crescimento foliar, na taxa de emissão de folhas e tamanho de raízes adventícias. Além das baixas temperaturas ocasionarem prejuízos, altas temperaturas também causam. Temperaturas acima de 34 °C acarreta redução da taxa fotossintética (NOH et al., 2009). Temperaturas elevadas (> 40 °C) podem ocasionar atraso ou impedimento da tuberização, devido à lignificação das raízes (RAVI et al., 2009; ERPEN, 2013; ERPEN et al., 2013).

A radiação solar também se caracteriza um fator importante para o cultivo da batata-doce, uma vez que quando associada a temperaturas adequadas, favorecem o bom desenvolvimento da cultura, principalmente, na fase de crescimento das raízes tuberosas. Também deve-se levar em consideração a influência do fotoperíodo para a cultura (ERPEN et al., 2013). Quanto à disponibilidade hídrica, a batata-doce necessita de média de 500 mm por ciclo (NÓBREGA, 2015). O mesmo autor da disponibilidade hídrica, ressalta que em solos arenosos, essa hortaliça apresenta melhor crescimento e desenvolvimento.

Variabilidade em batata-doce e implicações para a cadeia produtiva

A batata-doce é uma hortaliça que apresenta enorme variabilidade genética, favorecendo sua seleção para numerosos propósitos, por exemplo, aquisição de materiais resistentes a pragas e doenças (AZEVEDO et al., 2002), com boa qualidade nutricional, ou seja, biofortificado ou enriquecido e maior densidade de raízes (CARDOSO et al., 2007). No Brasil, uma realidade presente são as cultivares de batata-doce biofortificadas, cuja a

finalidade é desenvolver produtos agrícolas com melhor qualidade nutricional (MELLO et al., 2011).

Considerando a cadeia produtiva da batata-doce no Brasil, é importante destacar que além de cultivares desenvolvidas pelo melhoramento, é comum o uso de cultivares regionais, mantidas pelos agricultores ao longo dos tempos. Essa característica de cultivo associada à ampla variabilidade apresentada pela cultura faz com que os trabalhos de pesquisa sejam dinâmicos e contínuos no que se refere ao estudo do comportamento da espécie em condições ambientais diferenciadas, visto que os genótipos podem não responder da mesma forma quando submetidas a condições diferenciadas (NODARI e GUERRA, 2015).

Quando consideradas as cultivares de batata-doce melhoradas e disponíveis para cultivo atualmente, a Embrapa possui treze cultivares registradas no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), seguidas da Universidade Federal do Tocantins (UFT) com dez cultivares, a Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI), com seis cultivares registradas, e o Instituto Agrônomo Paraná (IAPAR) com duas cultivares registradas (MAPA, 2020).

Além das cultivares mencionadas, vale destacar o germoplasma de espécies conservado em bancos e coleções como o Banco Ativo de Germoplasma (BAG) da Embrapa Hortaliças com cerca de 800 acessos, o BAG da Embrapa Clima Temperado com 120 acessos (PÁDUA et al., 2020), bancos de germoplasma regionais, como o banco de germoplasma da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – Diamantina (NEIVA et al., 2011), a coleção didática da Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA) (ALBUQUERQUE et al., 2015), dentre outras. Não menos importante, deve-se mencionar o germoplasma da espécie conservado junto aos produtores, que fizeram sua própria seleção ao longo dos anos e embora predomine o cultivo de subsistência representem importante papel na cadeia produtiva (NODARI e GUERRA, 2015).

Conforme explanando anteriormente, a caracterização, bem como a avaliação de cultivares de batata-doce nas condições de cultivo torna-se imprescindível para o sucesso do produtor, uma vez que os resultados obtidos em determinada condição não podem ser extrapolados para condições diferentes, mesmo em se tratando de características morfoagronômicas (DAROS et al., 2002; BORGES et al., 2009; CARMONA et al., 2015). Andrade Junior et al. (2009) avaliando a produção de clones de batata-doce para a região do Alto Vale do Jequitinhonha – MG, encontraram variações no total de raízes aos sete meses após o plantio, destacando-se o clone BD-06 que apresentou produtividade superior às cultivares comerciais Brazlândia Branca e Brazlândia Rosa, com diferenças de 22,0 a 45,4 t

ha⁻¹. Cardoso et al. (2005) avaliaram 16 clones de batata-doce com base nas características das raízes tuberosas e, observaram massa verde de 14,1 t ha⁻¹, produtividade máxima de raízes de 28,5 t ha⁻¹ e produtividade comercial de raízes de 21,3 t ha⁻¹. Além disso, dos 16 clones, apenas 10 mostraram-se resistentes a pragas e doenças em relação aos demais no município de Vitória da Conquista-BA. Queiroga et al. (2007) avaliaram cultivares de batata-doce em função da época de colheita, da produção e da fisiologia em Mossoró-RN e obtiveram uma produtividade total de 20,7 t ha⁻¹ aos 155 dias após o plantio e uma produtividade comercial de 17,7 t ha⁻¹. As cultivares não diferiram em relação à fisiologia/morfologia, mas em relação a época de colheita, a colheita tardia favoreceu a produtividade das raízes.

Ainda em relação à variabilidade da batata-doce, vale salientar a diferença dos seus genótipos quanto à resposta ao manejo diferenciado. Em se tratando de exigências nutricionais, para a espécie estima-se que uma extração de 60 a 113 kg de nitrogênio, 20 a 47,5 kg de fósforo, 100 a 236 kg de potássio, 31 a 35 kg de cálcio e de 11 a 13 kg magnésio pode proporcionar uma produtividade de 11 a 15 t ha⁻¹ de raízes tuberosas (SILVA et al., 2002). Corrêa et al. (2015) mencionaram que os nutrientes exigidos pela batata-doce em maiores quantidades são o potássio, nitrogênio, fósforo e cálcio e entre os micronutrientes destacam-se o manganês, o boro e o zinco.

De outra parte, vale a pena salientar que os dados citados são estimativas médias gerais, sendo necessário considerar a cultivar utilizada, o ambiente de cultivo e o manejo do nutriente para que se tenha resposta positiva com sua aplicação. Resultados disponíveis na literatura científica corroboram com a recomendação, como, por exemplo, aqueles obtidos com batata-doce submetida à adubação fosfatada e obtenção de resposta diversificada (OLIVEIRA et al., 2005; OLIVEIRA et al., 2006; SILVA et al., 2013; NUNES, 2019).

FÓSFORO

O fósforo é um nutriente importante no processo de conversão da energia solar em aminoácidos, fibras, bem como componentes estruturais como ácidos nucleicos e fosfolipídeos das biomembranas. Participa também de processos metabólicos que necessitam da transferência de energia por meio da adenosina trifosfato (ATP) (GATIBONI, 2003; ZHANG et al., 2014). Por atuar na transferência de energia, esse nutriente regula os processos de fotossíntese e fotorrespiração, influenciando no crescimento da planta (VANCE et al., 2003; ABEL-RAZZAK et al., 2013; KAREEM, 2013). Muitos aspectos da fisiologia das plantas são melhorados com a nutrição adequada de fósforo, como a fixação biológica de

nitrogênio, floração, frutificação, produção de sementes e maturação, incluindo a fotossíntese. O crescimento das raízes laterais e radículas fibrosas são influenciados pela nutrição fosfatada (AKINJOBA, 2014).

Na solução do solo, as plantas absorvem o fósforo nas formas de fosfato (H_2PO_4^- e HPO_4^{2-}). Após ser absorvido, o P permanece na forma de fosfato. No interior da planta, o radical fosfato pode estar ligado a cátions metálicos formando compostos insolúveis que são importantes para a manutenção vegetal como os ácido nucléicos (DNA e RNA), di e trifosfato de adenosina (ADP e ATP), fosfolipídio e fosfato de Inositol, ou como íons livres. O P também é essencial para a divisão celular, reprodução, formação de substâncias orgânicas e o metabolismo vegetal. Por isso, o P é fundamental para o desenvolvimento vegetal (MALAVOLTA, 1985). Além disso, a eficiência da utilização de água, de outros nutrientes (GUIMARÃES et al., 2011), e o aumento da resistência a algumas doenças pode ser melhorado com o fornecimento adequado de fósforo (MALAVOLTA et al., 1996).

No solo, o fósforo é encontrado nas formas orgânicas e inorgânicas. Para as plantas, a forma mais acessível é o P inorgânico (SCHACHTMAN et al., 1998; ZHU et al., 2018). Na forma inorgânica, o ortofosfato e o pirofosfato (P-P), representam uma fração consideravelmente alta em relação ao P total no tecido. As formas orgânicas de P na planta são compostas por ortofosfato esterificado a hidroxilas de açúcares e álcoois, ou (P-P) ligado com outro grupo fosfato. O P apresenta função regulatória na atividade de várias enzimas no citoplasma, dentre elas, pode-se mencionar a fosfofrutoquinase, enzima primordial no fluxo do substrato da via glicolítica. Portanto, um aumento na troca de fósforo do vacúolo pode intensificar a respiração que está diretamente ligada ao amadurecimento dos frutos. Em tomateiro, a deficiência de P pode ocasionar atraso na maturação devido essa função do P (FAQUIN, 2005).

O fósforo favorece uma rápida formação e crescimento das raízes, melhora a qualidade dos frutos e proporciona a transferência de características hereditárias (DECHEN e NACHTIGALL, 2007). O fornecimento desse nutriente deve ser adequado e no início do ciclo vegetativo das plantas, visto que esse mineral pode provocar redução no crescimento nas fases iniciais, devido às limitações na disponibilidade de P, das quais a planta não se recupera posteriormente, mesmo suprindo com doses adequadas de fósforo (GRANT et al., 2001). Altas concentrações de P inorgânico na planta podem ocasionar a inibição de certas enzimas, criando uma pressão osmótica anormal nas células, podendo afetar o crescimento, além de outros fatores (YONEYAMA, 1998; MA e TAKAHASHI, 1990).

QUALIDADE E COMPOSTOS BIOATIVOS

A qualidade e a produtividade de cultivares de batata-doce está associada, principalmente, ao manejo do plantio, tratos culturais, adubação, genótipos e condições ambientais (SILVA et al., 2013; SILVA et al., 2015). A adubação por sua vez, exerce grande influência na produtividade e qualidade dos produtos finais (AQUINO et al., 2006). Uma nutrição mineral equilibrada de macro e micronutrientes propicia aumento da produção, além de melhorar a qualidade do produto em vários aspectos (MALAVOLTA, 2006). Para manter a qualidade dos produtos na mesa do consumidor são necessários cuidados rigorosos nas etapas de produção, passando pela colheita e chegando no mercado final. Nessa trajetória, os produtos hortícolas sofrem alterações físico-químicas naturais após a colheita (CENCI, 2006). O fósforo é um nutriente que funciona como regulador da maturação, influenciando na qualidade e na produtividade de produtos colhidos, além de participar do processo para a formação de raízes (MALAVOLTA, 2006).

A qualidade pós-colheita das hortaliças pode ser determinada de forma subjetiva e objetiva. As avaliações podem ser físicas averiguando o tamanho, peso, forma, textura, cor e luminosidade, mas também podem ser físico-químicas ou químicas averiguando o pH, sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), relação sólidos solúveis/acidez (SS/AT), açúcares redutores (glicose e frutose), açúcares não-redutores (sacarose), açúcares totais (reduzidos + sacarose), compostos voláteis, vitamina C, pigmentos, compostos fenólicos e etc. A qualidade também difere entre as cultivares de uma mesma espécie, origem, condições de produção, armazenamento, comercialização e na forma de utilização do produto (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Os produtos hortícolas não são destinados somente para o comércio *in natura*, mas também para o processamento. Logo, é necessário que o produto apresente boas características de qualidade. Produtos com aparência excelente (cor, textura, forma, etc.) nem sempre apresentam características químicas desejáveis. Por isso, é importante analisar a qualidade de frutas e hortaliças em conjunto com outros atributos sensoriais. Essas informações são interessantes, pois ajudam na seleção genética de novas cultivares, seleção de práticas otimizadas para a produção e práticas adequadas de manuseio pós-colheita. A segurança alimentar está diretamente associada à uma boa inocuidade no uso do alimento, bem como garantir que todas as pessoas devem ter acesso físico e econômico a alimentos nutritivos, seguros e em quantidade suficiente (CHITARRA e CHITARRA, 2005). Após a

colheita, a batata-doce apresenta alta taxa respiratória, tornando-a extremamente perecível (RAY et al., 2010).

A qualidade pode ser atribuída também ao conteúdo de compostos bioativos que são componentes de alimentos que influenciam fisiologicamente e participam de atividades celulares favorecendo a saúde (KRIS-ETHERTON et al., 2004). A característica desses componentes é reduzir o estresse oxidativo presente em inúmeras patologias crônicas, logo, são antioxidantes naturais (NACZK e SHAHIDI, 2004). Os carotenoides são compostos bioativos com função antioxidante. Esses pigmentos favorecem a coloração de diversas cultivares de batata-doce, sendo amarela, laranja, etc. Esse antioxidante funciona como regulador de resposta ao sistema imunológico, com isso, promove benefícios contra cânceres e doenças cardiovasculares (DELGADO-VARGAS et al., 2000). Eles são encontrados em frutas ou hortaliças como carotenos ou como ésteres de xantofilas, cuja a intensidade da cor é dependente da quantidade e do tipo de pigmento presente, podendo ser amarela, laranja ou vermelha (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

As antocianinas são compostos bioativos que desempenham proteção contra várias doenças, tais como, antimutagenicidade, anticarcinogênica e ação antidiabética, sendo um antioxidante natural de alta qualidade (BAO et al., 2005; GULCIN et al., 2005). A coloração varia de azul a vermelho levando-se em consideração o número de radicais hidroxila ou metoxilas presentes na molécula. Esses compostos são bem instáveis e sofrem descoloração por ação enzimática, sendo degradado também pelo oxigênio. Sua decomposição é afetada pelo pH, temperatura, açúcares e seus produtos de degradação, compostos fenólicos, oxigênio, ácido ascórbico e íons metálicos (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Os flavonoides são fenólicos distribuídos em diferentes classes de substâncias, onde pode-se mencionar os flavonóis, flavonas, flavanonas e antocianidinas, sendo as flavonas e flavonóis os mais abundantes. A sua atividade antioxidante está diretamente relacionada ao número de hidroxilas fenólicas presentes na molécula. Esses antioxidantes são anti-inflamatórios e anticancerígenos, atuando também na regulação do metabolismo (CHITARRA e CHITARRA, 2005). Na batata-doce proporcionam pigmentação natural da polpa das raízes, sendo amarelada, alaranjada e arroxeadas junto com os carotenoides. O principal composto fenólico encontrado em diferentes cultivares de batata-doce é o ácido clorogênico (PADDA e PICHA, 2008).

REFERÊNCIAS

ABDEL-RAZZAK, H. S.; MOUSSA, A. G.; EL-FATTAH, A.; EL-MORABET, G. A. Response of sweet potato to integrated effect of chemical and natural phosphorus fertilizer and their levels in combination with mycorrhizal inoculation. **Journal of Biological Sciences**, v.13, n. 3, p.112-122, 2013.

AKINJOBA, U. Outcome of phosphorus fertilizer on tuber yields vegetative growth and phosphorus uptake of sweet potato (*Ipomoea batatas*). **International Journal of Manures and Fertilizers**, v.3, n.7, p. 558-560, 2014.

ALBUQUERQUE, J. R. T.; SANTOS, M. G.; RIBEIRO, R. M. P.; PEREIRA, L. A. F.; OLIVEIRA, F. S.; SOUZA, A. R. E.; SILVEIRA, L. M.; BARROS JÚNIOR, A. P. Caracterização morfoagronômica de raízes de acessos de batata-doce em coleção didática da UFERSA. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS GENÉTICOS PARA A AMÉRICA LATINA E O CARIBE, 10., 2015, Bento Gonçalves. **Anais...** Bento Gonçalves: SBRG, 2015.

ANDRADE JÚNIOR, V. C.; VIANA, D. J. S.; FERNANDES, J. S. C.; FIGUEIREDO, J. A.; NUNES, U. R.; NEIVA, I. P. Selection of sweet potato clones for the region Alto Vale do Jequitinhonha. **Horticultura Brasileira**, v. 27, n. 3, p. 389-393, 2009.

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.

AUSTIN, D. F. The taxonomy, evolution and genetic diversity of sweet potatoes and related wild species. **Exploration, maintenance, and utilization of sweet potato genetic resources**, p. 27-60, 1988.

AZEVEDO, S. M.; MALUF, W. R.; SILVEIRA, M. A.; FREITAS, J. A. de. Reação de clones de batata doce aos insetos de solo. **Ciência e Agrotecnologia**, v.26, p.545-549, 2002.

BAO, J.; CAI, Y.; SUN, M.; WANG, G.; CORKE, H. Anthocyanins, flavonols, and free radical scavenging activity of Chinese bayberry (*Myrica rubra*) extracts and their color properties and stability. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 53, 2327–2332, 2005.

BETEMPS, C.; PINTO, L. E. **A batata-doce ganha espaço à mesa no inverno, mas é preciso atenção ao sistema de produção da cultura**. Brasília: Embrapa, 2015.

BORGES, A.; ROSA, M. S.; RECCHIA, G. H.; QUEIROZ-SILVA, J. R. D.; BRESSAN, E. D. A.; VEASEY, E. A. CTAB methods for DNA extraction of sweetpotato for microsatellite analysis. **Scientia Agricola**, v. 66, p. 529-534, 2009.

BUTELER, M. I.; LABONTE, D. R.; JARRET, R. L.; MACCHIAVELLI, R. E. Microsatellite-based paternity analysis in polyploid sweetpotato. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 127, n. 3, p. 392-396, 2002.

CAMARGO, L. K. P.; RESENDE, J. T. V.; MÓGOR, A. F.; CAMARGO, C. K.; KURCHAITD, S. M. Uso de índice de seleção na identificação de genótipos de batata-doce com diferentes aptidões. **Horticultura Brasileira**, v. 34, n. 4, p. 514-519, 2016.

CARDOSO, A. D.; VIANA, A. E. S.; RAMOS, P. A. S.; MATSUMOTO, S. N.; AMARAL, C. L. F.; SEDIYAMA, T.; MORAIS, O. M. Avaliação de clones de batata-doce em Vitória da Conquista. **Horticultura Brasileira**, v. 23, n. 4, p. 911-914, 2005.

CARDOSO, A. D.; VIANA, A. E. S.; MATSUMOTO, S. N.; BONFIM NETO, H.; KHOURI, C. R.; MELO, T. L. Características físicas e sensoriais de clones de batata-doce. **Ciência e Agrotecnologia**, v.31, p.1760-1765, 2007.

CARMONA, P. A. O.; PEIXOTO, J. R.; AMARO, G. B.; MENDONÇA, M. A. Divergência genética entre acessos de batata-doce utilizando descritores morfoagronômicos das raízes. **Horticultura Brasileira**, v.33, n.2, p.241-250, 2015.

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.

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.

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 batatadoce em função da Época de colheita e do período de armazenamento. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**, v. 11, p. 8-16, 2015.

DAROS, M. Caracterização morfológica e estabilidade de produção de Ipomoea batatas em Campos dos Goytacazes, RJ. Campos dos Goytacazes: UENF, 1999.

DAROS, M.; AMARAL JÚNIOR, A. T.; PEREIRA, T. N. S.; LEAL, N. R.; FREITAS, S. P.; SEDIYAMA, T. Caracterização morfológica de acessos de batata-doce. **Horticultura Brasileira**, v. 20, p. 43-47, 2002.

DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Elementos requeridos à nutrição de plantas. In: NOVAIS, R. F. et al. (Ed.) *Fertilidade do solo*. 1.ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Cap.03, p.91-132. 2007.

DELGADO-VARGAS, F.; JIMÉNEZ, A. R.; PAREDES-LÓPEZ, O. Natural pigments: carotenoids, anthocyanins, and betalains—characteristics, biosynthesis, processing, and stability. **Critical reviews in food science and nutrition**, v. 40, n. 3, p. 173-289, 2000.

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

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2008, 20 de março. *Cultura da batata-doce. Sistemas de produção, versão eletrônica*. Disponível em: <<http://www.cnpq.embrapa.br/cultivares/batdoce.htm>>. Acesso em: 01 de jun. 2022.

ERPEN, L. **Modelagem do desenvolvimento e produtividade de batata doce**. 2013. 69f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013.

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

ERTHAL, E. S., ZAMBERLAN, J. F., SALAZAR, R. F. S. A batata-doce (*Ipomoea batatas*) como biomassa alternativa para a produção de biocombustíveis frente aos combustíveis fósseis. **Ciência e Tecnologia**, v.2, n.1, p.44-63, 2018.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. Agricultural production: primary crops. Roma, 2020. Disponível em: <<http://www.fao.org.br>>. Acesso em: 01 de jun. 2022.

FAQUIN, V. **Nutrição Mineral de Plantas**. Lavras: UFLA – FAEPE, 183p. 2005.

GATIBONI, C. L. **Disponibilidade de formas de Fósforo do solo às plantas**. 247f. 2003. Tese (Doutorado em Agronomia/Biodinâmica dos Solos) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.

GRANT, C. A.; PLATEN, D. N.; TOMAZIEWICZ, D. J.; SHEPPARD, S. C. A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta. **Informações agrônomicas**, 2001.

GUIMARÃES, P. T. G.; NOGUEIRA, F. D.; DIAS, K. G. L.; REIS, T. H. P. Adubação do cafeeiro e a qualidade do produto colhido. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 32, n. 261, p. 39-51, 2011.

GULCIN, I.; BERASHVILI, D.; GEPDIREMEN, A. Antiradical and antioxidant activity of total anthocyanins from *Perilla pankenensis* decne. **J. Ethnopharmacol.** 101, 287–293, 2005.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção agrícola municipal. Rio de Janeiro, 2021. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 01 de jun. 2022.

KAREEM, I. Growth, Yield and Phosphorus Uptake of Sweet Potato (*Ipomoea batatas*) Under the Influence Phosphorus Fertilizers. **Research Journal of Chemical and Environmental Sciences**, v.1, n.3, p.50-55, 2013.

KOBAYASHI, M. The *Ipomoea trifida* complex closely related to sweet potato. In: **Proceedings, Sixth Symposium of the International Society for Tropical Root Crops/hosted by CIP in Lima, Peru**, p. 561-568, 1984.

KRIS-ETHERTON, P. M.; LEFEVRE, M.; BEECHER, G. R.; GROSS, M. D.; KEEN, C. L.; ETHERTON, T. D. Bioactive compounds in nutrition and health-research methodologies for establishing biological function: the antioxidant and anti-inflammatory effects of flavonoids on atherosclerosis. **Annual Reviews of Nutrition**, Califórnia, v.24, p.511-538, 2004.

MA, J.; TAKAHASHI, E. Effect of silicon on the growth and phosphorus uptake of rice. **Plant and Soil**, v.126, n.1, p.115-119, 1990.

MAGOON, M. L.; KRISHNAN, R.; VIJAYA BAI, K. Cytological evidence on the origin of sweet potato. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 40, n. 8, p. 360-366, 1970.

MAINO, S. C.; SEABRA JÚNIOR, E.; POZZO, D. M.; SANTOS, R. F.; SIQUEIRA, A. J. C. Batata doce (*Ipomoea batata*) dentro do contexto de culturas energéticas, uma revisão. **Revista Brasileira Energias Renováveis**, v.8, n.4, p.629-638, 2019.

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

MALAVOLTA, E. Nutrição mineral. In: FERRI, M. G. ed. **Fisiologia vegetal**. São Paulo: EPU, p. 97-116. 1985.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 318p. 1996.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2020. Disponível em: < http://sistemas.agricultura.gov.br/snpc/cultivarweb/cultivares_registradas.php>. Acesso em: 01 de jun. 2022.

MELO, W. F.; GOMES, L. M.; MOITA, A. W.; AMARO, G. B.; DE BESSA, F. P.; DUSI, A. N. Biofortificação no Brasil (BioFort): Avaliação preliminar de clones de batata-doce ricos em betacaroteno. In: **Embrapa Hortaliças-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. Horticultura Brasileira, Brasília, DF, v. 29, n. 2, p. 2675-2680, 2011.

MIRANDA, J. E. C. **Batata-doce: Evolução e melhoramento**. Piracicaba: ESALQ/USP, 1984. 139 p. (Monografia).

MURILO, D. V. Cultivares de batata-doce. In: **ENCONTRO DE PROFESSORES, PESQUISADORES E EXTENSIONISTAS DE OLERICULTURA DO RIO GRANDE DO NORTE**, 4., 1990, Mossoró. Anais... Mossoró: ESAM, 1990. p. 27-29.

NACZK, M.; SHAHIDI, F. Extraction and analysis of phenolics in food. **Journal Chromatography A**, v.1054, p.95-111, 2004.

NEIVA, I. P.; ANDRADE JÚNIOR, V. C.; VIANA, D. J. S.; FIGUEIREDO, J. A.; MENDONÇA FILHO, C. V.; PARRELLA, R. A. C.; SANTOS, J. B. Caracterização morfológica de acessos de batata-doce do banco de germoplasma da UFVJM, Diamantina. **Horticultura Brasileira**, Brasília, n. 29, p. 537-541. 2011.

NEUNFELD, T. H. **Produtividade e qualidade de acessos de batata-doce**. 2019.115f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, 2019.

NÓBREGA, D. S. **Desempenho agrônômico, parâmetros genéticos e reação de clones de batata doce aos insetos de solo e aos nematoides de galha (*Meloidogyne* spp.)**. 2015. 120f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

NODARI, R. O.; GUERRA, M. P. A agroecologia: estratégias de pesquisa e valores. **Estudos avançados**, v. 29, p. 183-207, 2015.

NOH, S. A.; HUH, G. H.; SHIN, J. S. Growth retardation and differential regulation of expansin genes in chilling-stressed sweetpotato. **Plant Biotechnol Reports**, v.3, p.75-85, 2009.

NUNES, H. F. **Batata-doce [*Ipomoea batatas* (L.) Lam.] nas roças e quintais do litoral paulista: Diversidade genética morfoagronômica, com base em morfometria geométrica, descritores e produção de bioetanol**. 2016. 128f. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade de São Paulo – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2016.

NUNES, J. G. D. S. **Efeitos das épocas de plantio e das doses de fósforo sobre a produtividade e qualidade de cultivares de batata-doce**. 2019. 78 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

OLIVEIRA, A. M. S. **Produção de clones de batata-doce em função do ciclo de cultivo**. 2013. 50f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2013.

OLIVEIRA, A. P.; SILVA, J. E. L.; PEREIRA, W. E.; BARBOSA, L. J. N. Produção de batata-doce e teor de amido nas raízes em função de doses de P₂O₅. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 27, n. 4, p. 747-751, 2005.

OLIVEIRA, A. P. D.; SILVA, J. E. L. D.; PEREIRA, W. E.; BARBOSA, L. J. D. N.; OLIVEIRA, A. N. P. D. Características produtivas da batata-doce em função de doses de P₂O₅, de espaçamentos e de sistemas de plantio. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, p. 611-617, 2006.

PADDA, M. S.; PICHA, D. H. Quantification of phenolic acids and antioxidant activity in sweetpotato genotypes. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 119, p. 17-20, 2008.

PÁDUA, J. G.; ALBUQUERQUE, M.; DE MELLO, S. C. M. Bancos e coleções de germoplasma da Embrapa: Conservação e uso. **Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia-Documentos (INFOTECA-E)**, 2020. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1124923>>. Acesso em: 01 de jun. 2022.

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.

RAMOS, R. F. **Comparações produtiva, econômica e energética de sistemas convencional, orgânico e biodinâmico de cultivo de batata-doce (*Ipomoea batatas*)**. 2004. 84 f. Dissertação (Mestre em Agronomia – Área de Concentração em Energia na Agricultura). Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP – Campus de Botucatu.

RAVI, V.; NASKAR, S. K.; MAKESHKUMAR, T.; BABU, B.; KRISHNAN, B. S. P. Molecular physiology of storage root formation and development in sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.). **Journal of Root Crops**, v.35, n.1, p.1-27, 2009.

RAY, R. C.; RAVI, V.; HEGDE, V.; RAO, K. R.; TOMLINS, K. I. Postharvest handling, storage methods, pest and diseases of sweet potato In: RAY, R. C.; TOMLINS, K. I. (org.). **Sweet potato: Post harvest aspects in food, feed and industry**. New York: Nova Science Publishers Inc., 2010.

ROULLIER, C.; DUPUTIÉ, A.; WENNEKES, P.; BENOIT, L.; FERNÁNDEZ BRINGAS, V. M.; ROSSEL, G.; TAY, D.; MICKEY, D.; LEBOT, V. Disentangling the origins of cultivated sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) **PloS on**, San Francisco, v.8, n.5, 2013a.

ROULLIER, C.; KAMBOUO, R.; PAOFA, J.; MICKEY, D.; LEBOT, V. On the origin of sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) genetic diversity in New Guinea, a secondary centre of diversity. **Heredity, Edinburgh**, v.110, n.6, p.594-604, 2013b.

SÁNCHEZ, C.; SANTOS, M.; VASILENKO, P. Batata-doce branca, roxa ou alaranjada? Avaliação qualitativa e nutricional. **Vida Rural**, v. 1847, p. 30-32, 2019.

SCHACHTMAN, D. P.; REID, R. J.; AYLING, S. M. Phosphorus Uptake by Plants: From Soil to Cell. **Plant Physiol**, v.116, p.447-453, 1998.

SILVA, G. O.; 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, p. 379-383, 2015. <https://doi.org/10.1590/0034-737X201562040007>.

SILVA, J. B. C.; LOPES, C. A.; MAGALHÃES, J. S. **Batata doce (Ipomoea batatas)**. Brasil: Embrapa Hortaliças, 2008.

SILVA, J. B. C.; LOPES, C. A.; MAGALHÃES, J. S. **Cultura da batata doce**. Gama, DF, Embrapa hortaliças, versão eletrônica, 2004.

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

SILVA, L. L.; DA SILVEIRA, M. A.; FIDELIS, R. R.; DE CASTRO TAVARES, R.; MOMENTÉ, V. G.; DO NASCIMENTO, I. R. Seleção de genótipos de batata-doce quanto à eficiência ao uso do fósforo em solos da região de cerrado. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 4, n. 4, p. 356-364, 2013.

SOMASUNDARAM, K.; MITHRA, V. S. Madhurai: A simulation model for sweet potato growth. **World Journal of Agricultural Sciences**, v. 4, p. 241-254, 2008.

SRISUWAN, S.; SIHACHAKR, D.; SILJAK-YAKOVLEV, S. The origin and evolution of sweet potato (*Ipomoea batatas* Lam.) and its wild relatives through the cytogenetic approaches. **Plant Science**, v. 171, n. 3, p. 424-433, 2006.

VANCE, C. P.; UHDE-STONE, C.; ALLEN, D. L. Phosphorus acquisition and use: critical adaptations by plants for securing a nonrenewable resource. **New Phytologist**, v. 157, n. 3, p.423-447, 2003.

VIZZOTTO, M.; PEREIRA, E. S.; CASTRO, L. A. S.; RAPHAELLI, C. O.; KROLOW, A. C. Composição mineral em genótipos de batata-doce de polpas coloridas e adequação de consumo para grupos de risco. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v.21, p.1-8, 2018.

YONEYAMA, T. Problems on phosphorus fertility in upland soil; 5. Uptake and metabolism of phosphorus of plant. **Agric. Hortic**, v. 63, p. 16-20, 1988.

ZHANG, M.; LI, C.; LI, Y. C.; HARRIS, W. G. Phosphate minerals and solubility in native and agricultural calcareous soils. **Revista Geoderma**, 232-234, 164-171. 2014.

ZHU, J.; LI, M.; WHELAN, M. Phosphorus activators contribute to legacy phosphorus availability in agricultural soils: A review. **Science of the Total Environment**, v.612, p.522–537, 2018.

CAPÍTULO 2 - PRODUÇÃO E QUALIDADE DE BATATA-DOCE SUBMETIDA A ADUBAÇÃO FOSFATADA

RESUMO

A batata-doce está entre as culturas alimentícias mais importantes do mundo, devido sua significância na dieta humana e na segurança alimentar, sendo rica em vitaminas, minerais e substâncias antioxidantes. Embora seja uma cultura rústica, a batata-doce responde bem à nutrição mineral. O fósforo (P) é nutriente mineral primordial para as plantas, pois está diretamente ligado em processos fisiológicos e bioquímicos essenciais para a manutenção vegetal, podendo influenciar na produção e na qualidade final do produto. Assim, o objetivo do trabalho foi verificar a influência de doses de P na produção e na qualidade de batata-doce, cultivar Paraná em ambiente semiárido em duas épocas de cultivo (abril a agosto de 2021 e dezembro de 2021 a abril de 2022). Os experimentos foram realizados na Fazenda Experimental Rafael Fernandes, pertencente a Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró-RN. O delineamento foi em blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos consistiram das doses de P (0, 60, 120, 180 e 240 kg ha⁻¹ de P₂O₅). Após a colheita das raízes, realizada 154 dias após o plantio, foram avaliadas as características: classificação, número e produtividade de raízes (comerciais, não-comerciais e totais), massa média e porcentagem de raízes comerciais. Considerando-se as raízes comerciais, avaliaram-se também: comprimento, diâmetro, formato, firmeza, elasticidade, tempo de cocção e matéria seca. Também foram avaliadas a matéria seca e a produção da parte aérea. As doses de P influenciaram as características de produção, principalmente, na dose 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅ que proporcionou incrementos na quantidade e na massa de raízes tuberosas comerciais, melhorando a classificação das raízes com padrões de medidas e pesos ideais para a comercialização. As características de qualidade foram satisfatórias para a dose 180 kg ha⁻¹ de P₂O₅, reduzindo a firmeza e proporcionando redução no tempo de cocção das raízes tuberosas de batata-doce na época de cultivo de dezembro de 2021 a abril de 2022. A época de cultivo de dezembro 2021 a abril de 2022 apresentou os melhores resultados nas características de produção e qualidade.

Palavras-chave: *Ipomoea batatas*; nutrição; produtividade; cultivares; raízes tuberosas.

CHAPTER 2 - PRODUCTION AND QUALITY OF SWEET POTATO SUBMITTED TO PHOSPHORUS FERTILIZER

ABSTRACT

Sweet potato is among the most important food crops in the world, due to its significance in the human diet and food security, being rich in vitamins, minerals and antioxidant substances. Although it is a hardy crop, sweet potato responds well to mineral nutrition. Phosphorus (P) is an essential mineral nutrient for plants, as it is directly linked to physiological and biochemical processes essential for plant maintenance, which can influence production and the final quality of the product. Thus, the objective of this work was to verify the influence of P doses on the production and quality of sweet potato, cultivar Paraná in a semi-arid environment in two growing seasons (April to August 2021 and December 2021 to April 2022). The experiments were carried out at the Rafael Fernandes Experimental Farm, belonging to the Federal Rural University of the Semi-Arid, Mossoró-RN. The design was in randomized blocks, with four replications. The treatments consisted of P doses (0, 60, 120, 180 and 240 kg ha⁻¹ of P₂O₅). After harvesting the roots, carried out 154 days after planting, the following characteristics were evaluated: classification, number and productivity of roots (commercial, non-commercial and total), average mass and percentage of commercial roots. Considering the commercial roots, the following were also evaluated: length, diameter, shape, firmness, elasticity, cooking time and dry matter. Dry matter and shoot production were also evaluated. The P doses influenced the production characteristics, mainly at the dose of 60 kg ha⁻¹ of P₂O₅, which provided increments in the quantity and mass of commercial tuberous roots, improving the classification of roots with measurement standards and ideal weights for commercialization. The quality characteristics were satisfactory for the dose of 180 kg ha⁻¹ of P₂O₅, reducing the firmness and providing a reduction in the cooking time of the tuberous roots of sweet potato in the growing season from December 2021 to April 2022. cultivation from December 2021 to April 2022 showed the best results in terms of production and quality characteristics.

Keywords: *Ipomoea batatas*; nutrition; productivity; cultivars; tuberous roots.

1. INTRODUÇÃO

A batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) é uma planta da família Convolvulaceae que apresenta grande variabilidade genética, devido a hexaploidia presente na espécie ($2n = 6x = 90$) (EMBRAPA, 2021). Diversas cultivares da espécie são nomeadas conforme a cor interna e externa, formato, tamanho, cor de folhas e flores (MIRASSE, 2010; FURLANETO et al., 2012). Em 2020, a China representou 58% da produção mundial, equivalente a 91,95 milhões de toneladas (FAOSTAT, 2020). Entre os maiores produtores de batata-doce, o Brasil ocupa a 16ª posição, tendo uma quantidade produzida de 847.896 t e uma produtividade média de 14,255 t ha⁻¹ (EMBRAPA, 2021). Dentre as regiões brasileiras, a região Nordeste destaca-se com uma quantidade produzida de 345.718 t, seguidas das regiões Sudeste com 269.949 t e Sul com 210.705 t (IBGE, 2021).

Cultivada durante bastante tempo como cultura secundária em áreas inadequadas para outras culturas de valor econômico (EMBRAPA, 2021), a batata-doce vem despontando como cultura empresarial, em virtude da sua versatilidade. Para a indústria de processamento pode-se destacar a produção de alimentos (farinhas, féculas, flocos e doces) (ROESLER et al., 2008), tecidos, papel, preparação de adesivos, cosméticos (CARDOSO et al., 2005), além de aptidão para a produção de etanol (GONÇALVES NETO et al., 2011). A cultura tem ganhado espaço também no âmbito alimentar, uma vez que está entre os alimentos preferidos por aqueles que praticam esporte, devido sua elevada composição nutricional (KEHOE et al., 2015), além de ser uma alternativa para aqueles que apresentam restrição à glúten, pois possui características que permitem substituir a farinha de trigo (LEONEL e CEREDA, 2002; TAKIZAWA et al., 2004).

Embora considerada uma cultura rústica e dependente de poucas práticas de manejo para o seu cultivo, pesquisas têm demonstrado que a espécie responde positivamente quando submetida a tecnologias como o uso de cultivares adaptadas a regiões de cultivo (ERPEN et al., 2013), disponibilidade hídrica (SANTOS JÚNIOR, 2014), e aplicação de fertilizantes (NUNES, 2019; SARMENTO, 2019). É importante destacar que a variabilidade que ocorre para a espécie não permite extrapolar resultados obtidos para cultivares e condições específicas, uma vez que os resultados obtidos poderão não se repetir, tornando necessário o estudo nas condições onde se pretende aplicar a tecnologia. Barreto et al. (2011) encontraram comportamentos diferenciados nos ambientes avaliados com três genótipos de batata-doce no Estado de Tocantins.

Em se tratando das exigências nutricionais da batata-doce, a literatura científica tem apontado que os principais nutrientes requeridos pela cultura são o potássio (K), seguidos de

nitrogênio (N) e fósforo (P). O K promove aumentos na produtividade e influencia a formação e o sabor das raízes tuberosas. O N é fundamental para o desenvolvimento da batata-doce, promovendo o crescimento das ramas. O P promove o crescimento radicular e o desenvolvimento da planta (EMBRAPA, 2021). Dentre eles, o P é um dos nutrientes essenciais mais limitantes para o crescimento das plantas em muitos solos, tanto em ambientes tropicais como subtropicais (SILVA et al., 2018). Pois, além de estimular o desenvolvimento radicular (ZHANG et al., 2016), proporciona o armazenamento de energia da fotossíntese e respiração, estimula a síntese de proteínas, fixação biológica de nitrogênio e absorção de íons (BARKER e PILBEAM, 2015). O P também funciona como regulador da maturação, influenciando na qualidade e na produtividade dos frutos colhidos, bem como na formação de raízes (MALAVOLTA, 2006).

A adubação fosfatada já foi testada em diversas espécies, verificando a produção em cenoura (JESUS, 2018), beterraba (SILVA et al., 2019) e a qualidade em mandioca de mesa (SILVEIRA et al., 2021) e batata-doce (DEUS, 2019). Nunes (2019) que testou doses de P (0, 50, 100, 200 e 400 kg ha⁻¹ de P₂O₅) em batata-doce, verificou que as doses de P influenciaram no crescimento, na produtividade e na qualidade de raízes. A implantação da batata-doce acaba sendo pouco onerosa, exigindo poucos investimentos na lavoura (CASTRO E NORONHA, 2018), o que realça a importância econômica dessa cultura (SILVA et al., 2015). São poucos os trabalhos que utilizam a adubação fosfatada em batata-doce, além disso, a espécie possui diversas cultivares que precisam ser testadas, bem como não se sabe a dose adequada para elas. Com esse trabalho, objetiva-se verificar a influência das doses de fósforo na produção e qualidade da cultivar de batata-doce Paraná em ambiente semiárido em duas épocas de cultivo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados de abril a agosto de 2021 e dezembro de 2021 a abril de 2022 na Fazenda Experimental Rafael Fernandes, pertencente à Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), distante 20 km da sede Mossoró-RN (5°03'37'' de latitude Sul, 37°23'50'' de longitude Oeste e 72 m de altitude). O clima da região é caracterizado como BSh segundo classificação de Köppen, clima seco, com estação chuvosa no verão, prolongando-se para o outono, logo, muito quente. Apresenta temperatura média em torno de 27,5 °C e pluviosidade anual irregular em torno de 670 mm de média anual total, e umidade relativa do ar de 68,9% (ALVARES et., 2013). O solo do local é classificado como Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico e de textura arenosa (SANTOS et al., 2018).

O delineamento experimental foi em blocos casualizados completos com quatro repetições. Os tratamentos foram compostos por doses de fósforo, aplicado no plantio via fertirrigação. Como fonte de fósforo foi utilizado o fosfato monoamônico (MAP) (61% de P_2O_5 e 12% de N) nas doses: 0, 60, 120, 180 e 240 kg ha^{-1} , equivalente a, 0; 1,581; 3,163; 4,744 e 6,326 kg por parcela. A adubação com nitrogênio (N) e potássio (K) foi realizada de acordo com o manual do Instituto Agrônomo de Pernambuco – IPA (2008). As adubações de N e K foram parceladas em duas vezes e aplicadas via fertirrigação, tendo como fonte, respectivamente, a ureia (46% de N) e o cloreto de potássio (KCl) (60% de K_2O). O nitrogênio foi aplicado 80% aos 15 dias após o plantio (DAP), e os demais 20% não foram aplicados para não favorecer o crescimento da parte aérea. O potássio foi aplicado 50% aos 20 DAP, e os demais 50% aos 45 DAP. As quantidades de N e K, respectivamente, foram de 1,677 e 1,608 kg por parcela. A quantidade de N aplicada foi nivelada do MAP que disponibiliza conjuntamente fósforo e nitrogênio.

A cultivar utilizada foi a Paraná, que apresenta porte ramador, folhas com base hastada e ápice agudo, raízes arredondadas com periderme e polpa laranja (MOREIRA et al., 2011). Os dados diários de temperatura do ar (TA), umidade relativa do ar (URA), chuva total (CT), radiação solar global incidente (RS) e velocidade do vento (VV) foram coletados na Estação Meteorológica Automática instalada na Fazenda experimental. Os dados médios foram calculados pela média aritmética dos dados mínimos e máximos de cada variável (Tabela 1).

Tabela 1. Média dos dados meteorológicos da Fazenda Experimental Rafael Fernandes nos meses de condução do experimento em duas épocas de cultivo. Mossoró-RN, UFERSA, 2022.

ÉPOCA 1					
Meses (2021/2022)	TA (°C)	URA (%)	CT (mm)	RS (W m ⁻²)	VV (m s ⁻¹)
Abril	28,2	77,6	41,8	221,0	0,67
Maio	26,8	82,3	87,0	197,8	0,40
Junho	27,4	73,3	2,00	197,4	1,13
Julho	27,5	69,4	0,40	188,8	1,37
Agosto	28,0	63,4	0,20	208,5	1,72
ÉPOCA 2					
Dezembro	28,8	72,1	18,0	201,9	2,20
Janeiro	26,6	73,3	38,2	171,8	4,50
Fevereiro	28,0	77,0	6,6	201,5	2,00
Março	27,3	83,6	6,4	183,2	1,30
Abril	26,2	88,1	182,6	198,7	1,10

TA- Temperatura do ar; URA- Umidade relativa do ar; CT- Chuva total; RS- Radiação solar; VV- Velocidade do vento.

Na área experimental, antes de instalar o experimento foi feita a amostragem do solo nas profundidades de 0 – 20 e 20 – 40 cm para verificar a propriedades químicas da amostra de solo (Tabela 2). Para o preparo da área, realizaram-se operações de aração e gradagem, seguido de levantamento das leiras com 30 cm de altura. O sistema de irrigação foi por gotejamento, utilizando tabela de irrigação específica para batata-doce, com seus respectivos turnos de rega no decorrer do experimento. Foram implantados tensiômetros para o monitoramento da umidade do solo. Procedeu-se irrigação diária até os 30 dias após o plantio (DAP). Dos 30 aos 75 DAP a irrigação foi realizada quando os tensiômetros marcavam - 20kPa. Dos 75 aos 90 DAP a irrigação foi suspensa, sendo retomada e realizada uma vez por semana até a colheita, realizada aos 154 DAP, sempre considerando a umidade do solo.

Tabela 2. Análise química do solo da área experimental das duas épocas de cultivo. Mossoró-RN, UFERSA, 2022.

ÉPOCA 1											
Profundidade (cm)	pH (água)	CE dS/m	P*	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	SB	t	CTC
			mg dm ⁻³			cmolc dm ⁻³					
0 – 20	6,34	70,9	4,69	61,83	12,68	1,43	0,35	0,00	1,99	1,99	1,99
20 – 40	6,03	71,0	4,57	51,64	12,68	1,36	0,89	0,00	2,44	2,44	2,44
ÉPOCA 2											
0 – 20	5,10	100,33	4,20	59,00	0,70	1,06	0,49	0,00	1,70	1,70	1,70

20 – 40	5,37	80,03	2,37	50,96	14,01	0,79	0,23	0,00	1,21	1,21	1,21
---------	------	-------	------	-------	-------	------	------	------	------	------	------

*Extrator: Mehlich⁻¹

Cada parcela foi composta por quatro leiras e, cada repetição da parcela tinha 2,4 m, espaçadas entre si por 1m, sendo a área útil de 3,6 m², área total de 9,6 m² e 6,0 m² de bordadura. Utilizaram-se ramas apicais com cinco a seis gemas, sendo colocadas duas ramas por cova, espaçadas em 0,30 m. Foram realizadas capinas manuais, em um total de quatro para cada época. Não foram aplicados defensivos na área, pois não foi observada a ocorrência de pragas e/ou doenças na cultura que indicassem nível de dano econômico.

Após a colheita as raízes tuberosas foram avaliadas para as características listadas a seguir: número total de raízes (NTR); número de raízes com padrão comercial (NRC); número de raízes não comerciais (NRNC); massa total de raízes (MTR) em t ha⁻¹; massa fresca de raízes com padrão comercial (MRC) e de raízes não comerciais (MRNC) em t ha⁻¹; massa média de raiz comercial (MMRC) em g raiz⁻¹ = razão entre MRC e NRC; e a porcentagem da MRC em relação ao MTR (PMRC). O número de raízes foi contado manualmente e a massa das raízes foi obtida por meio da pesagem direta em balança eletrônica. Foram consideradas raízes comerciais aquelas com peso superior a 80 g, enquanto aquelas fora deste padrão (finas, esverdeadas, rachadas, afetadas por insetos) foram consideradas não comerciais (EMBRAPA, 1995).

As raízes comerciais foram ainda classificadas quanto ao tipo, conforme sua massa em gramas (EXTRA A – 301 a 400 g; EXTRA B – 201 a 300 g; ESPECIAL – 151 a 200 g e DIVERSOS – 80 a 150 g ou maiores que 400 g) (EMBRAPA, 2008). Para as raízes comerciais também se mensurou o comprimento (CRTC), diâmetro (DRTC) e o formato de raízes tuberosas comerciais (FRTC). As avaliações foram realizadas em oito raízes de cada parcela. O comprimento foi obtido com o auxílio de régua graduada (cm), enquanto o diâmetro foi obtido pelo auxílio de paquímetro digital no centro da raiz, sem corte transversal, em centímetros. O formato de raízes comerciais foi determinado por meio de uma escala de notas que variaram de 1 a 9, respectivamente, redondo, redondo elíptico, elíptico, ovado, obovado, oblongo, longo oblongo, longo elíptico e longo irregular ou curvado (HUAMÁN, 1996).

Foram avaliadas também a matéria seca da parte aérea (MSPA) e das raízes (MSRT) em porcentagem, e a fitomassa seca total, utilizando quatro plantas de cada repetição e expressa em kg MS ha⁻¹. A matéria seca da parte aérea e das raízes foi obtida de amostras de, aproximadamente, 300 g de ramas e de raízes da área útil de cada parcela pela secagem em

estufa com circulação forçada de ar a 65 °C até peso constante, conforme Oliveira (2013). Foi calculado o índice de colheita (IC), que compreende a razão entre a massa seca das raízes comerciais e a massa seca total (QUEIROGA et al., 2007).

A firmeza e a elasticidade foram determinadas a partir de duas raízes tuberosas de cada parcela, por meio de um texturômetro de bancada – Texture Analyzer®, TA. XTExpress / TA. XTico (Stable Micro Systems Ltd., Surrey, Inglaterra). A sonda cilíndrica utilizada foi de 2 mm de diâmetro, sendo realizada três medidas equidistantes e considerada a média entre elas. A firmeza foi expressa em Newton (N) e a elasticidade em milímetros. O tempo de cocção (TC) foi determinado em aparelho de Mattson, com adaptações ao método proposto por Feniman (2004). Inicialmente, foi colocado água destilada em banho-maria, fervida à, aproximadamente, 100°C. Após fervida, o aparelho foi colocado no banho-maria. Foram utilizados doze cubos padronizados de batata-doce para cada tratamento. Para cada cubo, doze hastes foram usadas e suas pontas posicionadas no centro do cubo. O nível da água em banho-maria ultrapassava os cubos de batata-doce. O TC foi determinado quando as doze varetas penetraram nos cubos e tocaram o fundo do banho-maria.

Os dados obtidos das épocas de cultivo foram verificados quanto à distribuição normal pelo teste de Shapiro-Wilk, sendo, posteriormente, submetidos à análise de variância pelo teste F. Com os dados homogêneos, aplicou-se análise conjunta entre as doses de P e as épocas de cultivo. Aplicou-se o teste de comparação de médias de Tukey nas doses com suas respectivas épocas e entre épocas. A firmeza, a elasticidade e o tempo de cocção foram delineados inteiramente casualizado (DIC), sendo realizado regressão polinomial. Para a regressão, os modelos foram escolhidos com base no coeficiente de determinação. Os dados que apresentaram distribuição não normal e coeficiente de variação alto (>30%), foram transformados por $\sqrt{x + 1}$, antes da análise de variância, sendo conservados os dados verdadeiros. As análises realizadas foram verificadas no programa estatístico SISVAR 5.6 (FERREIRA, 2014), a 5% de significância e as tabelas e gráficos geradas pelo programa Excel.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As doses de fósforo (P) ocasionaram incremento significativo ($p > 0,05$) para os caracteres MRC e MTR. Houve significância entre as épocas para os caracteres NRC, MRC, MTR, MMRC e PMRC. A época 2 foi superior a época 1, principalmente, na dose 60 kg ha^{-1} de P_2O_5 , pois houve incremento no número de raízes comerciais, na massa de raízes comerciais e na massa total de raízes comerciais. A época 2 teve um aumento de 126% em relação à época 1 na dose 60 kg ha^{-1} de P_2O_5 . Além disso, a massa média de raízes comerciais (MMRC) foi superior na época 2 em comparação com a época 1, no tratamento que não recebeu a dose fosfatada (Tabela 3).

Esses resultados confirmam que os caracteres relacionados à produtividade das raízes tuberosas podem variar de acordo com o ambiente, visto que estes são de herança quantitativa e possuem forte influência ambiental (SILVA et al., 2015). O aumento da produção de raízes tuberosas comerciais de batata-doce sob adubação com fósforo foi relatado nos trabalhos de Oliveira et al. (2005), Oliveira et al. (2006), Silva et al. (2013) e Nunes (2019). Uma explicação para que o aumento de raízes comerciais fosse favorecido na dose 60 kg ha^{-1} de P_2O_5 , é que as raízes absorventes da batata-doce possuem associação com fungos micorrízicos do solo, aumentando a capacidade da planta absorver P no solo em baixa fertilidade, porém essa vantagem é perdida quando são utilizadas doses fosfatadas altas (EMBRAPA, 2021). Assim, essa simbiose favorece incrementos na absorção dos nutrientes dos solos, principalmente, em nutrientes com baixa mobilidade na solução do solo, como fósforo, zinco e cobre (CARDOSO et al., 2017; JANSÁ et al., 2019).

Embora a dose 60 kg ha^{-1} de P_2O_5 não seja a dose recomendada, levando-se em consideração a disponibilidade de P no solo nas duas épocas de cultivo (Tabela 2), mostrou-se eficiente em relação ao uso de P, reforçando a justificativa da interação das raízes de batata-doce com fungos micorrízicos em doses baixas de P, fazendo com que não ocorra a inativação dessa simbiose. Vale ressaltar que em solos do semi-árido nordestino, as micorrizas podem aumentar a absorção de P em solos com baixa disponibilidade ($< 9 \text{ mg dm}^{-3}$) (SAMPAIO et al., 2009; JANSÁ et al., 2019; WANG e LAMBERS, 2020). Em grande parte, a baixa disponibilidade de P é ocasionada por processos de precipitação e adsorção das formas inorgânicas (JORHI et al., 2015; SANTOS et al., 2016).

Tabela 3. Valores médios do número total de raízes (NTR), número de raízes com padrão comercial (NRC), número de raízes não comerciais (NRNC), massa total de raízes (MTR), massa de raízes comerciais (MRC), massa de raízes não comerciais (MRNC), massa média de raiz comercial (MMRC) e porcentagem média de raízes comerciais (PMRC) da cv. Paraná submetida a doses de fósforo em duas épocas de cultivo. Mossoró-RN, UFRS, 2022.

Doses (kg ha ⁻¹)	ÉPOCA 1							
	NRC	NRNC	NTR	MRC	MRNC	MTR	MMRC	PMRC
	(t ha ⁻¹)						(g/raiz ⁻¹)	(%)
0	7,00aA	8,75aA	20,75aA	11,17aA	3,98aA	15,15aA	0,142aB	64,84aA
60	15,75aB	8,25aA	38,5aA	32,20aB	3,17aA	35,38aB	0,205aA	91,72aA
120	11,00aA	8,50aA	20,00aA	27,22aA	3,52aA	30,74aA	0,185aA	66,73aB
180	10,25aA	7,25aA	24,75aA	16,14aA	2,89aA	19,04aA	0,157aA	84,85aA
240	9,25aA	6,25aA	15,00aA	18,19aA	3,25aA	21,44aA	0,174aA	82,70aA
ÉPOCA 2								
0	14,75aA	6,00aA	20,75aA	37,90abA	2,47aA	40,37abA	0,264aA	87,40aA
60	27,75aA	10,75aA	38,50aA	72,89aA	4,83aA	77,73aA	0,267aA	93,95aA
120	12,50aA	7,50aA	20,00aA	28,03bA	3,08aA	31,11bA	0,205aA	92,83aA
180	17,25aA	7,50aA	24,75aA	38,67abA	3,41aA	42,08abA	0,189aA	83,84aA
240	11,75aA	3,25aA	15,00aA	27,65bA	1,50aA	29,15bA	0,236aA	93,64aA
MG	13,72	7,40	21,12	31,00	3,21	34,22	0,203	84,20
CV (%)	28,83	30,31	27,96	31,80	26,88	30,59	2,37	10,46
D	ns	ns	ns	*	ns	*	ns	ns
E	*	ns	ns	**	ns	**	**	*
D x E	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Médias seguidas de diferentes letras minúsculas diferem entre si em relação às doses e médias seguidas de diferentes letras maiúsculas diferem entre si em relação as épocas de cultivo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). MG – Média geral. CV (%) – Coeficiente de variação. (D) doses; (E) época; (D x E) interação.

A dose 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅ proporcionou médias superiores às demais doses na classificação diversos (Tabela 4). Além do mais, a quantidade de raízes comerciais foi superior na época 2 em comparação com a época 1. Na época 2, a quantidade de raízes comerciais foi maior para a classificação diversos, seguidos de extra A, extra B e especial, resultados diferentes dos encontrados por Mota et al. (2011) que teve predomínio de raízes classificadas como extra A, seguidas da extra B e com o mesmo valor para diversos e especial, e de Nunes (2019) que apresentou significância na classificação das cultivares de batata-doce submetida a doses de P e épocas de plantio, porém com classificações distintas das trabalhadas nesse trabalho.

A classificação em tipos pelo peso das batatas-doces faz-se importante, pois as raízes que apresentam padrão médio inferior podem ser aproveitadas para o processamento em cozinhas industriais ou fábricas de doces e geleias em conjunto com outros tipos de classe (EMBRAPA, 2021). Filgueira (2012) mencionou que o consumidor brasileiro não aprecia raízes de batata-doce muito grandes ou muito pequenas e, que os mercados preferem batatas-

doces com comprimento de 13-15 cm e um peso que varie de 200-400 g. Ou seja, as raízes tuberosas comerciais classificadas em extra A enquadram-se nesses requisitos, destacando a dose 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅.

Tabela 4. Quantidade de raízes tuberosas e valores médios da classificação em tipos pelo peso (Extra A – 301 a 400 g; Extra B – 201 a 300 g; Especial – 151 a 200 g; Diversos – 80 a 150 g ou maiores que 400 g) na cv. de batata-doce Paraná submetida a doses de fósforo em duas épocas de cultivo. Mossoró-RN, UFRS, 2022.

ÉPOCA 1								
Doses (kg ha ⁻¹)	Classificação das raízes tuberosas comerciais							
	Extra A		Extra B		Especial		Diversos	
	Qtd	Média	Qtd	Média	Qtd	Média	Qtd	Média
0	1	0,25aB	3	0,75aA	8	2,00aA	16	4,00aA
60	5	1,25aB	13	3,25aA	16	4,00aA	29	7,25aA
120	6	1,50aA	9	2,25aA	14	3,50aA	15	3,75aA
180	1	0,25aA	7	1,75aA	10	2,50aA	23	5,75aA
240	2	0,50aA	9	2,25aA	12	3,00aA	14	3,50aA
ÉPOCA 2								
0	16	4,00aA	15	3,75aA	6	1,50aA	22	5,50abA
60	27	6,75aA	19	4,75aA	17	4,25aA	48	12,0aA
120	9	2,25aA	4	1,00aA	12	3,00aA	25	6,25abA
180	8	2,00aA	16	4,00aA	9	2,25aA	34	9,00abA
240	7	1,75aA	12	3,00aA	7	1,75aA	18	4,50bA
MG	-	2,05	-	2,67	-	2,77	-	6,15
CV (%)	-	35,38	-	27,82	-	33,11	-	27,26
D	-	ns	-	ns	-	ns	-	*
E	-	**	-	ns	-	ns	-	*
D x E		ns		ns		ns		ns

Médias seguidas de diferentes letras minúsculas diferem entre si em relação às doses e médias seguidas de diferentes letras maiúsculas diferem entre si em relação as épocas de cultivo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey (p<0,05). MG – Média geral. CV (%) – Coeficiente de variação. (D) doses; (E) safra; (D x E) interação.

Não houve diferença significativa entre as doses de P e da interação da dose e a época para o comprimento e diâmetro de raízes tuberosas comerciais (Tabela 5). Houve somente influência da época para o diâmetro de raízes tuberosas comerciais. O diâmetro das raízes foi superior na época 2 entre as doses 0 e 180 kg ha⁻¹ de P₂O₅ em comparação à época 1 nas mesmas doses. Na época 1, as doses 0 e 180 kg ha⁻¹ de P₂O₅ apresentaram raízes tuberosas comerciais de formatos redondos em grande parte. As doses 120 e 240 kg ha⁻¹ de P₂O₅ apresentaram formatos elípticos, enquanto na dose 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅ houve predominância do formato obovado. Na época 2, as doses 120 e 180 kg ha⁻¹ de P₂O₅

apresentaram em grande parte, raízes com formatos redondos, enquanto as doses 0 e 240 kg ha⁻¹ de P₂O₅ apresentaram formatos redondos elípticos em sua totalidade. A dose 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅ teve predominância do formato obovado (Tabela 5).

Tabela 5. Valores médios do comprimento de raízes tuberosas comerciais (CRTC), diâmetro de raízes tuberosas comerciais (DRTC) e formato de raízes tuberosas comerciais (FRTC) da cv. Paraná submetida a doses de fósforo em duas épocas de cultivo. Mossoró-RN, UFERSA, 2022.

ÉPOCA 1			
Doses kg ha ⁻¹	CRTC (cm)	DRTC (cm)	FRTC
0	11,12aB	5,346aB	1
60	12,12aA	5,971aB	5
120	13,93aA	4,832aB	8
180	10,37aA	5,605aB	1
240	10,43aA	5,003aA	3
ÉPOCA 2			
0	15,94aA	7,020aA	2
60	14,25aA	7,635aA	5
120	11,08aA	6,883aA	1
180	13,33aA	7,343aA	1
240	10,93aA	5,930aA	2
MG	12,35	6,15	-
CV (%)	18,28	23,97	-
D	ns	ns	-
E	ns	**	-
D x E	ns	ns	-

Médias seguidas de diferentes letras minúsculas diferem entre si em relação às doses e médias seguidas de diferentes letras maiúsculas diferem entre si em relação épocas de cultivo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). MG – Média geral. CV (%) – Coeficiente de variação. (D) doses; (E) safra; (D x E) interação.

As batatas-doces devem possuir diâmetro de 5 a 8 cm, comprimento variando de 12 a 16 cm para a classificação Extra A, lisas e com formato alongado e uniforme (MIRANDA et al., 1995). Na pesquisa realizada com mandioca sob doses de P (0, 80 e 160 kg ha⁻¹), as doses não influenciaram significativamente o comprimento e o diâmetro das raízes (MAGOLBO, 2019). Ferreira (2021) analisou descritores morfológicos em variedades de batata-doce (cenoura, rainha e roxa), onde os formatos encontrados foram distintos, variando de redondo a longo irregular, inclusive os formatos encontrados no presente trabalho. Rós (2017) menciona que o tamanho e o formato em batatas-doces são componentes importantes para a

comercialização, e que as preferências em relação a qualidade do produto a ser consumido, varia de região para região.

As doses de P e a interação dos fatores (dose x época) não influenciaram na MSRT, MSPA, PMSPA e no IC (Tabela 6). Houve somente diferença significativa entre as épocas, em que as doses 60 e 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅ da época 2 apresentaram porcentagens de matéria seca de raízes tuberosas (MSRT) superiores à época 1. A safra 1 entre as doses 120 e 240 kg ha⁻¹ de P₂O₅ apresentaram IC inferiores o da época 2. O índice de colheita (IC) é o índice importante e que pode variar bastante, Santos et al. (2017) analisaram clones de batata-doce e encontraram IC que variaram de 55,6 a 80,2%. O índice de colheita acima de 50% é considerado satisfatório (PEIXOTO et al., 2005). Redin et al. (2021) mencionaram que em sistemas que proporcionam maiores produções de matéria seca favorecem benefícios para o solo e para as culturas em sucessão, além do mais, a qualidade química de resíduos culturais da batata-doce é baixa.

Tabela 6. Valores médios dos teores de matéria seca de raízes tuberosas (MSRT), matéria seca da parte aérea (MSPA), produção de matéria seca da parte aérea (PMSPA) e índice de colheita (IC) da cv. Paraná submetida a doses de fósforo em duas épocas de plantio. Mossoró-RN, UFERSA, 2022.

ÉPOCA 1				
Doses (kg ha ⁻¹)	MSRT (%)	MSPA (%)	PMSPA (kg MS ha ⁻¹)	IC (%)
0	17,33aA	19,88aA	521073,980bA	43,30aA
60	16,34aB	18,62aA	1069075,55aA	46,85aA
120	10,85aB	19,37aA	986380,950aA	32,53aB
180	15,23aA	20,70aA	986589,260aA	42,38aB
240	15,47aA	18,70aA	1051422,40aA	38,40aB
ÉPOCA 2				
0	17,86aA	12,22aB	279146,17aA	49,46aA
60	24,85aA	9,91aB	321942,07aB	65,00aA
120	21,99aA	8,93aB	183893,16aB	67,42aA
180	19,90aA	10,65aB	291627,27aB	65,12aA
240	19,68aA	10,02aB	164566,79aB	66,19aA
MG	17,95	14,90	585571,76	51,66
CV (%)	19,84	9,23	20,58	19,91
D	ns	ns	ns	ns
E	**	**	**	**
D x E	ns	ns	ns	ns

Médias seguidas de diferentes letras minúsculas diferem entre si em relação às doses e médias seguidas de diferentes letras maiúsculas diferem entre si em relação as épocas de cultivo ao nível de 5% de probabilidade

pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). MG – Média geral. CV (%) – Coeficiente de variação. (D) doses; (E) safra; (D x E) interação.

A MSPA e PMSPA da época 1 diferiram significativamente da época 2, apresentando médias superiores (Tabela 6). Os teores MSPA foram próximos do trabalho de Donato et al. (2020) que usou a matéria seca da parte aérea de cultivares de batata-doce para a produção de feno, com teores que variaram de 17,27 a 18,74 %. No trabalho de Troni (2019) a cv. BRS Amélia e a cv. BRS Rubissol não se diferiram em relação à matéria seca, no entanto, esse resultado do teor de matéria seca nas raízes tuberosas é um fator importante, pois está associada a uma boa qualidade no alimento e maior período de armazenamento (LEBOT, 2009).

As doses de P influenciaram a firmeza das raízes tuberosas comerciais nas duas épocas, sendo a época 2 superior a época 1 (Figura 1). Na época 1, a firmeza das raízes tuberosas comerciais da dose 120 kg ha^{-1} de P_2O_5 foi diferente das demais doses, que apresentaram firmezas maiores, mas estatisticamente iguais. Mesmo não havendo diferença significativa entre as doses 0, 60, 180 e 240 kg ha^{-1} de P_2O_5 , nota-se redução das médias de firmeza. Na época 2, as doses de P ocasionaram redução da firmeza em relação ao tratamento que não recebeu as doses de P. As médias das firmezas dos tratamentos com P foram 18,11 N, 17,10 N, 14,01 N e 17,97 N, respectivamente, para as doses 60, 120, 180 e 240 kg ha^{-1} de P_2O_5 . As reduções seguiram a mesma ordem, 6%, 11%, 27% e 7% (Figura 1A).

A firmeza está ligada ao aumento do teor de lignina, conferindo resistência à compressão, além de rigidez para a parede celular (ALBUQUERQUE, 2018). Além disso, a redução da síntese de lignina é um sinal importante da formação de raízes tuberosas de batata-doce (FIRON et al., 2013; PONNIAH et al., 2017). Luo et al. (2022) verificaram que a adição de fósforo diminuiu a lignina da planta de um solo em uma floresta subalpina, pois o P ocasionou uma supressão na atividade da oxidase favorecendo a decomposição da lignina. Com isso, pode-se deduzir que as doses de P influenciaram na redução da firmeza na cultivar de batata-doce.

A elasticidade foi influenciada pelas doses de P somente na época 1 (Figura 1B), em que a dose 120 kg ha^{-1} de P_2O_5 apresentou a maior média, já a dose 180 kg ha^{-1} de P_2O_5 apresentou a menor elasticidade, sendo que esse parâmetro regredia e aumentava à medida que as doses fosfatadas aumentavam. A elasticidade da época 2 diferiu estatisticamente da época. Na época 2, a elasticidade não foi influenciada pelas doses de P, porém adequou-se no ajuste da equação cúbica com $R^2 = 0,98$ (Figura 1B). Pode-se observar que a firmeza e a

elasticidade apresentaram pontos inversamente proporcionais, enquanto as doses de P propiciaram redução na firmeza, a elasticidade é incrementada até certo ponto.

Por sua vez, a elasticidade é o grau em que a amostra pode se recuperar após determinada compressão (ALESSANDRINI et al., 2010). Uma possível hipótese para o aumento da elasticidade (Figura 1B) é que após a colheita, a perda de água pela transpiração compromete a firmeza de frutas e hortaliças, ocasionando flacidez, moleza e murchamento (CHITARRA e CHITARRA, 2005), além do mais, altas concentrações de P promovem menor permeabilidade da membrana e exsudação radicular, diminuindo a nutrição com microrganismos (KIRIACHEK et al., 2009). Cho et al. (2008) e Dimkpa et al. (2009) mencionaram que comunidades microbianas da rizosfera melhoram a estabilidade da membrana celular ativando o sistema de defesa antioxidante que pode proporcionar a estabilidade da membrana celular da raiz, favorecendo uma maior tolerância ao estresse hídrico.

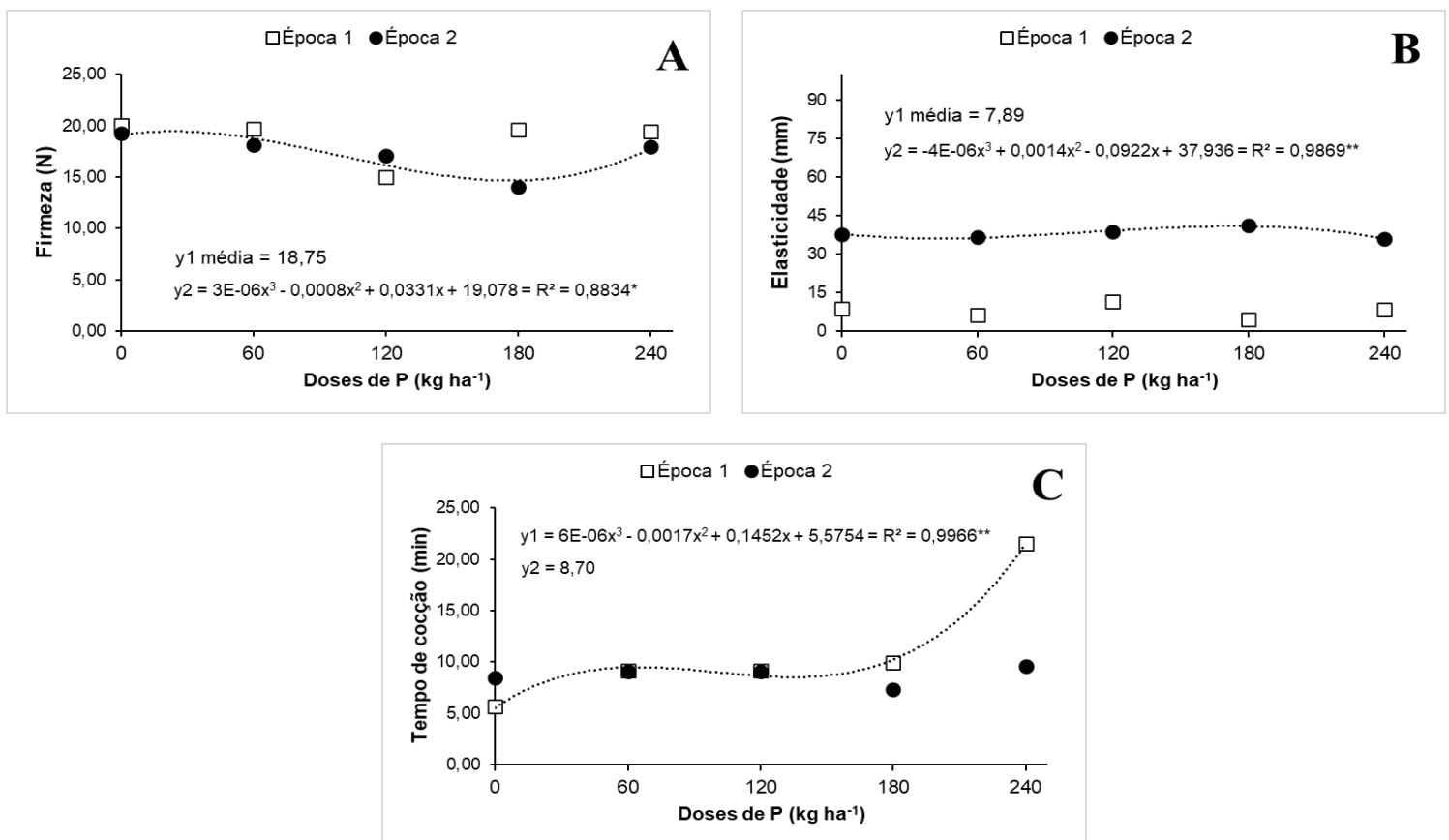


Figura 1. Firmeza (A), elasticidade (B) e tempo de cocção (C) da cv. Paraná submetida a doses de fósforo. Mossoró-RN, UFERSA, 2022.

O tempo de cocção foi influenciado pelas doses P nas duas épocas (Figura 1C). Na época 1, observa-se que a dose 240 kg ha⁻¹ de P₂O₅ apresentou a maior média estatisticamente, além disso, pode-se observar que à medida que as doses fosfatadas foram aumentadas, o tempo de cocção aumentou. Enquanto na época 2, o tempo de cocção em relação ao tratamento que não recebeu P foi aumentado nas doses 60, 120 e 240 kg ha⁻¹ de P₂O₅, respectivamente, 8%, 7% e 14%. Já, a dose 180 kg ha⁻¹ de P₂O₅ apresentou redução no tempo de cocção, aproximadamente, 14%. Pode-se observar também que na época 2, o tempo de cocção apresentou comportamento semelhante ao da firmeza, com isso, pode-se inferir que o tempo de cocção foi influenciado pelas doses de P, atrelando-se a explicação da firmeza.

4. CONCLUSÕES

As doses de P influenciaram as características de produção, principalmente, na dose 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅ que proporcionou incrementos na quantidade e na massa de raízes tuberosas comerciais. Além de melhorar a classificação das raízes com padrões de medidas e pesos ideais para a comercialização.

As características de qualidade foram satisfatórias para a dose 180 kg ha⁻¹ de P₂O₅, reduzindo a firmeza e proporcionando redução no tempo de cocção das raízes tuberosas de batata-doce na época de cultivo de dezembro de 2021 a abril de 2022.

A época de cultivo de dezembro 2021 a abril de 2022 apresentou os melhores resultados nas características de produção e qualidade.

REFERÊNCIAS

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.

ALESSANDRINI, L.; BALESTRA, F.; ROMANI, S.; ROCCULI, P.; ROSA, M. D. Propriedades físico-químicas e sensoriais de massas frescas à base de batata (Gnocchi). **Journal of Food Science**, v. 75, n. 9, p. S542-S547, 2010.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. D. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

BARKER, A. V.; PILBEAM, D. J. (Ed.). Manual de nutrição de plantas. Imprensa CRC, 2015.

BARRETO, H. G.; SANTOS, L. B.; OLIVEIRA, G. Í. S. D.; FIDELIS, R. R.; SANTOS, G. R. D.; SILVEIRA, M. A. D.; NASCIMENTO, I. R. D. Estabilidade e adaptabilidade da produtividade e da reação a insetos de solo em genótipos experimentais e comerciais de batata-doce. **Biosci. j.(Online)**, p. 739-747, 2011.

CARDOSO, A. D.; VIANA, A. E. S.; RAMOS, P. A. S.; MATSUMOTO, S. N.; AMARAL, C. L. F.; SEDIYAMA, T.; MORAIS, O. M. Avaliação de clones de batata-doce em Vitória da Conquista. **Horticultura Brasileira**, v. 23, p. 911-914, 2005.

CARDOSO, E. J. B. N.; NOGUEIRA, M. A.; ZANGARO, W. Importance of mycorrhizae in tropical soils. In: **Diversity and Benefits of Microorganisms from the Tropics**. Springer, Cham, 2017. p. 245-267.

CASTRO, L. A. S.; NORONHA, A. D. H. Cultivo da batata-doce: principais utilidades. In: WOLFF, L. F.; MEDEIROS, C. A. B. (Ed.). **Alternativas para a diversificação da agricultura familiar de base ecológica**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2018. 63 p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 467). Disponível: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1101040>>.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. Lavras: ESAL/FAEPE, 2005. 785 p.

CHO, S. M.; KANG, B. R.; HAN, S. H.; ANDERSON, A. J.; PARK, J. Y.; LEE, Y. H.; CHO, B. H.; YANG, K. Y.; RYU, C. M.; KIM, Y. C. 2R, 3R-butanediol, a bacterial volatile produced by *Pseudomonas chlororaphis* O6, is involved in induction of systemic tolerance to drought in *Arabidopsis thaliana*. **Molecular plant-microbe interactions**, v. 21, n. 8, p. 1067-1075, 2008. Doi: 10.1094/MPMI-21-8-1067.

DEUS, M. V. D. C. D. **Adubação fosfatada e revestimento comestível na conservação pós-colheita de batata-doce (*Ipomoea batatas* L.)**. 2019. 56 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-árido, Mossoró.

DIMKPA, C.; WEINAND, T.; ASCH, F. Plant–rhizobacteria interactions alleviate abiotic stress conditions. **Plant, cell & environment**, v. 32, n. 12, p. 1682-1694, 2009.

DONATO, L. M. S.; ANDRADE, V. C. D.; BRITO, O. G.; FIALHO, C. M. T.; SILVA, A. J. M. D.; AZEVEDO, A. M. Uso de ramas de batata-doce para produção de feno. **Ciência Animal Brasileira**, v. 21, 2020.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças. Cultivo da batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam). 3. ed. **Brasília: Ministério da Agricultura, do Abastecimento e Reforma Agrária**, 1995. (EMBRAPA-CNPH. Instruções Técnicas, 7).

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2008, 20 de março. Cultura da batata-doce. Sistemas de produção, versão eletrônica. Disponível em: <<http://www.cnpq.br/cultivares/batdoce.htm>>. Acesso em: 01 de jun. 2022.

EMBRAPA. Sistema de produção de batata-doce. Embrapa Hortaliças, sistema de produção, 9, 2021. ISSN 1678-880X, versão eletrônica. Disponível: <<https://www.embrapa.br/web/portal/hortaliças/como-plantar-batata-doce>>. Acesso: 01 de jun. 2022.

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

FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations – FAO. FAOSTAT. 2010. Acesso em: 01 de jun. 2022.

FENIMAN, C. M. **Caracterização de raízes de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) do cultivar IAC 576-70 quanto à cocção, composição química e propriedades do amido em duas épocas de colheita**. 2004. 99 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ), São Paulo.

FERREIRA, C. C. **Batata-doce: adubação, variedades e propagação no Amazonas**. 2021. 88 f. Tese (Doutorado em Agronomia Tropical) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, 38: 109-112, 2014.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Universidade Federal de Viçosa, 2012.

FIRON, N.; LABONTE, D.; VILLORDON, A.; KFIR, Y.; SOLIS, J.; LAPIS, E.; PERLMAN, T. S.; FAIGENBOIM, A. D.; HETZRONI, A.; ALTHAN, L.; NADIR, L. A. Transcriptional profiling of sweetpotato (*Ipomoea batatas*) roots indicates down-regulation of lignin biosynthesis and up-regulation of starch biosynthesis at an early stage of storage root formation. **BMC genomics**, v. 14, n. 1, p. 1-25, 2013.

FURLANETO, F. P. R.; FIRETTI, R.; MONTES, S. M. N. M. Comercialização, custos e indicadores de rentabilidade da batata doce. **Pesquisa & Tecnologia**, v. 9, n. 2, 2012.

GONÇALVES NETO, Á. C.; MALUF, W. R.; GOMES, L. A. A.; GONÇALVES, R. J. D. S.; SILVA, V. D. F.; LASMAR, A. Aptidões de genótipos de batata-doce para consumo humano, produção de etanol e alimentação animal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, p. 1513-1520, 2011.

HUAMÁN, Z. **Botânica, sistemática y morfología de la planta de batata o camote**. In: Manual de manejo de germoplasma de batata o camote (*Ipomoea batatas*). Lima, Peru: CIP, 1996. p. 1- 16.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 2021. Produção Agrícola – Lavoura Temporária: Batata-doce. Brasil: IBGE, 2021. Acesso: 01 de jun. 2022.

INSTITUTO AGRONÔMICO DE PERNAMBUCO. Recomendações de adubação para o estado de Pernambuco: 2ª aproximação. 3 ed. Revisada. Recife – IPA, 2008. 212 p.

JANSA, J.; FORCZEK, S. T.; ROZMOŠ, M.; PÜSCHEL, D.; BUKOVSKÁ, P.; HRŠELOVÁ, H. Arbuscular mycorrhiza and soil organic nitrogen: network of players and interactions. **Chemical and Biological Technologies in Agriculture**, v. 6, n. 1, p. 1-10, 2019.

JESUS, P. M. M. D. **Produção e eficiência nutricional de cultivares de cenoura sob adubação fosfatada**. 2018. 49 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-árido, Mossoró.

JOHRI, A. K.; OELMUELLER, R.; DUA, M.; YADAV, V.; KUMAR, M.; TUTEJA, N.; ...; STROUD, R. M. Fungal association and utilization of phosphate by plants: success, limitations, and future prospects. **Frontiers in microbiology**, v. 6, p. 984, 2015.

KEHOE, S. H.; CHOPRA, H.; SAHARIAH, S. A.; BHAT, D.; MUNSHI, R. P.; PANCHAL, F.; YOUNG, S.; BROWN, N.; TARWANDE, D.; GANDHI, M.; MARGETTS, B. M.; POTDAR, R. D.; FALL, C. H. Effects of a food-based intervention on markers of micronutrient status among Indian women of low socio-economic status. *British Journal of Nutrition*, v. 113, n. 5, p. 813-821, 2015.

KIRIACHEK, S. G.; AZEVEDO, L. C. B.; PERES, L. E. P.; LAMBAIS, M. R. Regulação do desenvolvimento de micorrizas arbusculares. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 1-16, 2009.

LEBOT, V. Tropical root and tuber crops: cassava, sweet potato, yams and aroids. *Crop production science in horticulture* (17), CAB books, CABI, Wallingford, UK, 2009.

LEONEL, M.; CEREDA, M. P. Caracterização físico-química de algumas tuberosas amiláceas. **Food Science and Technology**, v. 22, p. 65-69, 2002.

LUO, R.; KUZYAKOV, Y.; ZHU, B.; QIANG, W.; ZHANG, Y.; PANG, X. Phosphorus addition decreases plant lignin but increases microbial necromass contribution to soil organic carbon in a subalpine forest. **Global Change Biology**, v. 28, n. 13, p. 4194-4210, 2022.

MAGOLBO, L. A. S. **Efeito da adubação fosfatada no crescimento, produtividade e acúmulo de fósforo e amido em mandioca para indústria.** 2019. 65 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas.** São Paulo: Editora Ceres, 2006.

MIRANDA, J. E. C.; FRANÇA, F. H.; CARRIJO, O. A.; SOUZA, A. F.; PEREIRA, W.; LOPES, C. A.; SILVA, J. B. C. A cultura da batata-doce. Brasília: EMBRAPA/CNPQ, 1995. 94p.

MIRASSE, J. J. **O consumo de batata-doce de polpa alaranjada entre famílias rurais do nordeste de Moçambique: um estudo sobre percepções de comida e Segurança Alimentar na província de Nampula.** 2010. 180f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Rural) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

MOREIRA, J. N.; DE QUEIROGA, R. C. F.; JÚNIOR, A. J. D. L. S.; DOS SANTOS, M. A. Caracteres morfofisiológicos e produtivos de cultivares de batata-doce, em Mossoró, RN. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 6, n. 1, p. 33, 2011.

MOTA, J. H.; OLIVEIRA, J. F.; YURI, J. E. Qualidade de raízes de batata-doce comercializadas em Jataí-GO. In: **Embrapa Semiárido-Artigo em anais de congresso (ALICE).** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 51., 2011, Viçosa, MG. Hortaliças: da origem aos desafios da saúde e sustentabilidade: anais... Viçosa, MG: ABH, 2011.

NUNES, J. G. D. S. **Efeitos das épocas de plantio e das doses de fósforo sobre a produtividade e qualidade de cultivares de batata-doce.** 2019. 78 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

OLIVEIRA, A. M. S. **Produção de clones de batata-doce em função do ciclo de cultivo.** 2013. 50f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2013.

OLIVEIRA, A. P.; SILVA, J. E. L.; PEREIRA, W. E.; BARBOSA, L. J. N. Produção de batata-doce e teor de amido nas raízes em função de doses de P₂O₅. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 27, n. 4, p. 747-751, 2005.

OLIVEIRA, A. P. D.; SILVA, J. E. L. D.; PEREIRA, W. E.; BARBOSA, L. J. D. N.; OLIVEIRA, A. N. P. D. Características produtivas da batata-doce em função de doses de P₂O₅, de espaçamentos e de sistemas de plantio. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, p. 611-617, 2006.

PEIXOTO, N.; MIRANDA, J. E. C. A cultura da batata-doce em Goiás. Goiânia, Emgopa – DDI, 984. 24 p. (Circular Técnico, 07).

PONNIAH, S. K.; THIMMAPURAM, J.; BHIDE, K.; KALAVACHARLA, V. E.; MANOHARAN, M. Comparative analysis of the root transcriptomes of cultivated sweetpotato (*Ipomoea batatas* [L.] Lam) and its wild ancestor (*Ipomoea trifida* [Kunth] G. Don). **BMC plant biology**, v. 17, n. 1, p. 1-14, 2017.

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.

REDIN, M.; BONES, S. A. S.; STEIN, J. E. S.; CANEPELLE, E.; STEFFLER, A. D.; JUNIOR, R. R.; RADONS, P. J. Cultivo consorciado de batata-doce e milho pipoca: crescimento e produção das culturas. **Nativa**, v. 9, n. 3, p. 286-293, 2021.

ROESLER, P. V. S. D. O.; GOMES, S. D.; MORO, E.; KUMMER, A. C. B.; CEREDA, M. P. Produção e qualidade de raiz tuberosa de cultivares de batata-doce no oeste do Paraná. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 30, p. 117-122, 2008.

RÓS, A. B. Produtividade e formato de raízes tuberosas de batata-doce em função do número de gemas enterradas. **Científica**, v. 45, n. 3, p. 253-256, 2017.

SAMPAIO, E. V. S. B.; ARAÚJO, M. S. B.; SALCEDO, I. H.; MENEZES, R. S. C. **Agricultura sustentável no semi-árido nordestino**. Recife, Editora Universitária UFPE, 2009.

SANTOS, A. R.; SILVA, T. O.; BLANK, A. F.; SILVA, J. O. Produtividade de clones de batata doce em função de doses de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, v. 35, 445-452, 2017.

SANTOS, H. C.; DE OLIVEIRA, F. H.; SOUZA, A. P. D.; SALCEDO, I. H.; SILVA, V. D. Disponibilidade de fósforo em função do seu tempo de contato com diferentes solos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, p. 996-1001, 2016.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; OLIVEIRA, J. B.; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. (Ed.). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 306 p, 2006.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; DOS ANJOS, L. H. C.; DE OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; CUNHA, T. J. F. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

SANTOS JÚNIOR, J. A. et al. Substratos e diferentes concentrações da solução nutritiva preparada em água residuária no crescimento do girassol. *Revista Ciência Agronômica*, v. 45, p. 696-707, 2014.

SARMENTO, D. H. A. **Produção e qualidade da batata doce em respostas a doses de nitrogênio e potássio e lâminas de irrigação**. 2019. 53 f. Tese (Doutorado em Manejo de Solo e Água) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró.

SILVA, G. A.; GRANGEIRO, L. C.; SOUSA, V. D. F.; SILVA, L. R.; JESUS, P. M.; SILVA, J. L. Desempenho agrônomico de cultivares de beterraba em função da adubação com fósforo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 23, n. 7, p. 518-523, 2019.

SILVA, G. O.; 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, p.379-383, 2015.

SILVA, J. V. de S.; CRUZ, S. C. S.; ALOVISI, A. M. T.; KURIHARA, C. H.; XAVIER, A. D.; MARTINEZ, M. A. Adubação fosfatada no feijoeiro cultivado sob palhada de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. **Revista Ceres**, v. 65, n.2, p. 181-188, 2018.

SILVA, L. L.; DA SILVEIRA, M. A.; FIDELIS, R. R.; DE CASTRO TAVARES, R.; MOMENTÉ, V. G.; DO NASCIMENTO, I. R. Seleção de genótipos de batata-doce quanto à eficiência ao uso do fósforo em solos da região de cerrado. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 4, n. 4, p. 356-364, 2013.

SILVEIRA, F. P. D. M.; LOPES, W. D. A. R.; OLIVEIRA, P. R. H. D.; LIMA, F. L. D. S.; SILVEIRA, L. M.; BARROS JÚNIOR, A. P. Qualidade de raízes de mandioca de mesa adubadas com fósforo. **Revista Caatinga**, v. 34, n. 4, p. 965-975, 2021.

TAKIZAWA, F. F.; SILVA, G. D. O. D.; KONKEL, F. E.; DEMIATE, I. M. Characterization of tropical starches modified with potassium permanganate and lactic acid. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 47, p. 921-931, 2004.

TRONI, L. M. **Produção, produtividade e características físico-químicas de duas cultivares de batata-doce em sistema de cultivo orgânico**. 2019. 46f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal Fronteira Sul, Laranjeiras do Sul.

WANG, Y.; LAMBERS, H. Root-released organic anions in response to low phosphorus availability: recent progress, challenges and future perspectives. **Plant and Soil**, v.447, n.1, p.135-156,2020.

CAPÍTULO 3 – QUALIDADE E COMPOSTOS BIOATIVOS DE BATATA-DOCE EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO FOSFATADA

RESUMO

A batata-doce está entre as culturas alimentícias mais importantes do mundo, devido sua significância na dieta humana e na segurança alimentar, sendo rica em vitaminas, minerais e substâncias antioxidantes. Por apresentar alta diversidade genética, essa espécie possui várias cultivares que podem responder de maneiras diferentes em função da adubação mineral. Ao manejo nutricional, entre os nutrientes de importância para a cultura, destaca-se o fósforo, nutriente primordial para as plantas, pois está diretamente ligado em processos fisiológicos e bioquímicos essenciais para a manutenção vegetal, podendo influenciar na qualidade final do produto. Com isso, o objetivo do trabalho foi verificar a influência das doses de P na qualidade e nos compostos bioativos de três cultivares de batata-doce. Foram utilizadas as cultivares Paraná, BRS Amélia e BRS Cuia, cultivadas sob diferentes adubações fosfatadas (0, 60, 120, 180 e 240 kg ha⁻¹ de P₂O₅). Após a colheita, as raízes foram levadas ao laboratório, onde utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5x3 com duas repetições. O primeiro fator consistiu das doses de fósforo e o segundo fator das cultivares. Foram avaliados o pH, sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), relação SS/AT, vitamina C, açúcares solúveis e os compostos bioativos: flavonoides, antocianinas e carotenoides. As doses de P influenciaram as cultivares de batata-doce. A dose 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅ promoveu incrementos para os parâmetros de pH, SS, AT e Relação SS/AT, principalmente, para a cultivar BRS Cuia em relação as outras cultivares. A cultivar BRS Amélia apresentou incrementos nos açúcares solúveis totais na dose 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅. A dose 240 kg ha⁻¹ de P₂O₅ proporcionou maiores teores de flavonoides e antocianinas na cultivar Paraná em relação as demais. Enquanto, o conteúdo de carotenoides para a cultivar Paraná foram aumentados em todas as doses fosfatadas, principalmente, na dose 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅, mostrando que a cultivar apresenta um grande potencial antioxidante, favorecendo a segurança alimentar.

Palavras-chave: *Ipomoea batatas*; fósforo; antioxidantes; cultivares; raízes tuberosas.

CHAPTER 3 - QUALITY AND BIOACTIVE COMPOUNDS OF SWEET POTATO AS A FUNCTION OF PHOSPHORUS FERTILIZER

ABSTRACT

Sweet potato is among the most important food crops in the world, due to its significance in the human diet and food security, being rich in vitamins, minerals and antioxidant substances. Due to its high genetic diversity, this species has several cultivars that can respond in different ways depending on mineral fertilization. Regarding nutritional management, among the nutrients of importance for the culture, phosphorus stands out, a primordial nutrient for plants, as it is directly linked to physiological and biochemical processes essential for plant maintenance, which can influence the final quality of the product. Thus, the objective of this work was to verify the influence of P doses on the quality and bioactive compounds of three sweet potato cultivars. The cultivars Paraná, BRS Amélia and BRS Cuia were used, cultivated under different phosphate fertilizations (0, 60, 120, 180 and 240 kg ha⁻¹ of P₂O₅). After harvesting, the roots were taken to the laboratory, where a completely randomized design was used, in a 5x3 factorial scheme with two replications. The first factor consisted of the phosphorus doses and the second factor of the cultivars. The pH, soluble solids (SS), titratable acidity (AT), SS/AT ratio, vitamin C, soluble sugars and the bioactive compounds: flavonoids, anthocyanins and carotenoids were evaluated. P doses influenced sweet potato cultivars. The dose of 120 kg ha⁻¹ of P₂O₅ promoted increments for the parameters of pH, SS, AT and SS/AT Ratio, mainly for the cultivar BRS Cuia in relation to the other cultivars. The cultivar BRS Amélia showed increases in total soluble sugars at the dose of 120 kg ha⁻¹ of P₂O₅. The dose 240 kg ha⁻¹ of P₂O₅ provided higher levels of flavonoids and anthocyanins in the cultivar Paraná in relation to the others. Meanwhile, the carotenoid content for the cultivar Paraná was increased at all phosphate doses, mainly at the dose of 60 kg ha⁻¹ of P₂O₅, showing that the cultivar has a great antioxidant potential, favoring food security.

Keywords: *Ipomoea batatas*; post-harvest; antioxidants; cultivars; tuberous roots.

1. INTRODUÇÃO

A qualidade de produtos hortícolas pode ser avaliada e monitorada pela determinação de atributos como o pH, sólidos solúveis, acidez, açúcares totais, açúcares redutores (glicose e frutose) e amido. As características externas de qualidade que são favorecidas pelo tato e a visão são importantes na diferenciação do produto, facilitando a tomada de decisão da compra. Já as características químicas não são percebidas pelo consumidor, embora sejam de muita importância. A combinação desses atributos é primordial para a aceitação do produto pelo consumidor (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Além do mais, quem vem ganhando atenção não apenas pelos consumidores, mas também pela indústria são os compostos bioativos (MODA et al., 2021), que desempenham um papel importante na saúde humana, ajudando na prevenção de doenças devido seu potencial antioxidante (ZHANG et al., 2015; KIBE et al., 2017). Os compostos bioativos são pigmentos que proporcionam uma diversidade de cores na periderme e polpa da batata-doce, variando de brancas, creme, amarelas, laranjas e roxas (RITSCHER e HUAMÁN, 2002; VARGAS et al., 2018). Entre os pigmentos têm se destacado, especialmente, os carotenoides, antocianinas e compostos fenólicos (GRÜNEBERG et al., 2015; SHEKHAR et al., 2015; FROND et al., 2019).

A batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) é uma hortaliça que apresenta grande importância econômica e social, devido a sua rusticidade quando comparada a outras culturas alimentícias anuais, ampla adaptação climática e elevada capacidade de produção de energia. Essa cultura apresenta uma alta diversidade genética entre cultivares e variedades locais nas diversas regiões produtoras (RITSCHER e HUAMÁN, 2002; OLIVEIRA et al., 2015). Pode-se observar variabilidade na espécie para características como reação a pragas e doenças, resposta a estresses abióticos, bem como no que se refere a morfologia (ANDRADE JÚNIOR et al., 2012). Dentre os caracteres morfológicos, é importante destacar as diferentes características físico-químicas apresentadas pelas raízes de batata-doce. Embora, toda a planta seja utilizada para fins de alimentação humana ou animal, suas raízes são o produto mais explorado (CARDOSO et al., 2005; ANDRADE JÚNIOR et al., 2009).

Além do valor energético, atribuído aos carboidratos, as raízes da batata-doce apresentam componentes como polifenóis, antocianinas, fibras dietéticas, pró-vitamina A, carotenóides (HUSSEIN et al., 2014), além de ácido ascórbico, vitaminas do complexo B e minerais (AZEVEDO et al., 2015). Contudo, é importante destacar que, esses metabólitos, produtos do metabolismo secundário, além da influência do genótipo, são influenciados por fatores ambientais seja quantitativa ou qualitativamente (IASON et al., 2012; PEREIRA,

2016). Considerando-se o número de cultivares de batata-doce que são utilizadas nas regiões de cultivo, tem se observado respostas diferenciadas dessas, particularmente ao manejo de adubação. Essa resposta diferenciada tem demandado pesquisas localizadas para determinar a melhor forma de utilização de nutrientes para a cultura (SANTOS et al., 2006; RÓS et al., 2014).

Assim, uma vez que o manejo poderá interferir na produção de compostos bioativos, é importante que além da resposta produtiva quanto a utilização de determinado nutriente, também seja determinado a qualidade e os teores de compostos bioativos nas condições em que o genótipo está sendo avaliado. Objetiva-se com esse trabalho, verificar a influência das doses de P na qualidade e nos compostos bioativos de três cultivares de batata-doce.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento para a obtenção das raízes de batata-doce foi desenvolvido no período de dezembro/2021 a abril/2022 na Fazenda Experimental Rafael Fernandes, distante 20 km do município de Mossoró-RN (5°03'37'' de latitude Sul, 37°23'50'' de longitude Oeste e 72 m de altitude). A Fazenda Experimental pertence a Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA). O clima da região é caracterizado como BSh segundo classificação de Köppen, ou seja, um clima seco, com estação chuvosa no verão, prolongando-se para o outono, logo, muito quente. Apresenta temperatura média em torno de 27,5 °C, a pluviosidade anual é irregular em torno de 670 mm de média anual total, e umidade relativa do ar de 68,9% (ALVARES et., 2013).

Para o experimento em campo utilizou-se o delineamento experimental em blocos casualizados, arranjados em parcelas subdivididas. As parcelas foram compostas pelas doses, enquanto as subparcelas pelas cultivares. O fósforo foi aplicado totalmente no plantio, via fertirrigação. As adubações de estabelecimento com nitrogênio (N) e potássio (K) foram parceladas em duas vezes e aplicadas via fertirrigação. O nitrogênio foi aplicado 80% aos 15 dias após o plantio (DAP), e os demais 20% não foram aplicados para não favorecer o crescimento da parte aérea. O potássio foi aplicado 50% aos 20 DAP, e os demais 50% aos 45 DAP. As quantidades de N e K, respectivamente, foram de 1,677 e 1,608 kg por parcela. A quantidade de N aplicada foi nivelada do MAP que disponibiliza conjuntamente fósforo e nitrogênio.

O sistema de irrigação foi por gotejamento, utilizando tabela de irrigação específica para batata-doce, com seus respectivos turnos de rega no decorrer do experimento. Além disso, foram implantados tensiômetros para o monitoramento da umidade do solo. Após os plantios realizou-se irrigação diária até os 30 dias após o plantio (DAP). Dos 30 aos 75 DAP a irrigação foi realizada quando os tensiômetros marcavam -20KPa. Dos 75 aos 90 DAP a irrigação foi suspensa. Após os 90 DAP até a colheita, realizada aos 154 DAP, a irrigação foi realizada 1 vez por semana, levando-se em consideração a umidade do solo. Os dados diários de temperatura do ar (TA), umidade relativa do ar (URA), chuva total (CT), radiação solar global incidente (RS) e velocidade do vento (VV) foram coletados na Estação Meteorológica Automática instalada na Fazenda experimental. Os dados médios foram calculados pela média aritmética dos dados mínimos e máximos de cada variável (Tabela 1).

A colheita foi realizada manualmente com o auxílio de enxadas e posteriormente encaminhadas ao Laboratório de Recepção de Plantas e Amostras do Centro de Pesquisas Vegetais do Semi-Árido (LABRPA/CPVSA), Departamento de Ciências Agrônomicas e

Florestais (DCAF), Centro de Ciências Agrárias (CCA), onde foram separadas, sendo descartadas as raízes com danos por cortes, patógenos, insetos e animais. Após a lavagem, foram levadas ao Laboratório de Fisiologia e Tecnologia Pós-colheita do DCAF/CCA, processadas e a polpa armazenada em recipientes plásticos e levadas para o freezer para análises posteriores.

Tabela 1. Média dos dados meteorológicos da Fazenda Experimental Rafael Fernandes nos meses de condução do experimento. Mossoró-RN, UFERSA, 2022.

Meses (2021/2022)	TA (°C)	URA (%)	CT (mm)	RS (W m ⁻²)	VV (m s ⁻¹)
Dezembro	28,8	72,1	18,0	201,9	2,20
Janeiro	26,6	73,3	38,2	171,8	4,50
Fevereiro	28,0	77,0	6,6	201,5	2,00
Março	27,3	83,6	6,4	183,2	1,30
Abril	26,2	88,1	182,6	198,7	1,10

Para a avaliação das características em laboratório, utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, arranjos em esquema fatorial 5x3 com duas repetições, sendo o primeiro fator as doses de fósforo utilizadas em campo (0, 60, 120, 180 e 240 kg ha⁻¹ de P₂O₅), e o segundo fator as cultivares de batata-doce: Paraná que apresenta porte ramador, folhas com base hastada e ápice agudo, raízes arredondadas com periderme e polpa laranja (MOREIRA et al., 2011); a cultivar BRS Amélia apresenta qualidades nutricionais diferenciadas, sendo rica em provitamina A, proteínas e antocianinas. Apresenta formato elíptico longo com periderme rosada e polpa alaranjada. É utilizada como espécie ornamental, tem aplicação para processamento (farinha) e utilização em dietas para desportistas (CASTRO e BECKER, 2011). A outra cultivar é a BRS Cuia que apresenta periderme e polpa creme. É recomendada para o consumo doméstico, porém, devido ao seu tamanho, adequa-se ao processo industrial, podendo ser utilizada para a produção de etanol e álcool medicinal. Apresenta formas arredondadas e possui aplicação para o processamento e dietas para desportistas (CASTRO et al., 2011) (Figura 1).

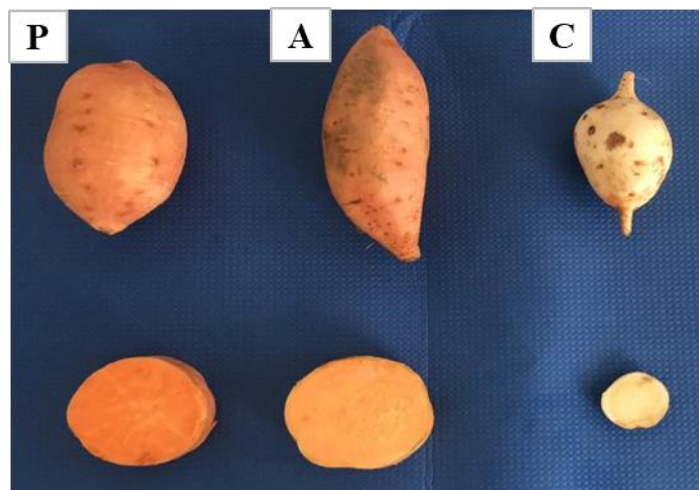


Figura 1. Raízes tuberosas de batata-doce, respectivamente, Paraná (P), BRS Amélia (A) e BRS Cuia (C). Mossoró-RN, UFERSA, 2022.

As características avaliadas foram: potencial hidrogeniônico (pH) determinado pela leitura direta no equipamento (Modelo mPA-210 Tecnal®, Brasil) expresso em valores reais de pH (AOAC, 2002). Acidez titulável (AT) expressos em (%) (IAL, 2005). Sólidos solúveis (SS) expressos em °Brix (AOAC, 2002). Relação (SS/AT) determinada pela razão entre sólidos solúveis e acidez titulável. Vitamina C expresso em mg/100 g (STROHECKER E HENNING, 1967). Açúcares solúveis totais (AST) expresso em (%) (YEMN E WILLIS, 1964). Antocianinas e flavonoides expressos em mg/100 g FW (FRANCIS, 1982). Carotenoides totais expressos em mg/100 g FW (HIGBY, 1962).

Os dados obtidos foram verificados quanto à distribuição normal pelo teste de Shapiro-Wilk, posteriormente, foram submetidos a análise de variância seguidas da regressão polinomial para as doses de P e as médias comparadas pelo teste de Tukey. Para a regressão, os modelos foram escolhidos com base no coeficiente de determinação. As análises realizadas foram verificadas no programa estatístico SISVAR 5.6 (FERREIRA, 2014) à 5% de significância e as tabelas e gráficos gerados pelo software Excel.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As doses de fósforo (P) influenciaram significativamente o pH, a acidez titulável (AT), os sólidos solúveis (SS), a relação sólidos solúveis/ acidez titulável (SS/AT) e os açúcares solúveis totais (AST) das cultivares de batata-doce ($p < 0,05$). Porém, cada cultivar respondeu de maneira diferente as variáveis avaliadas (Figura 2). Os resultados de pH, SS e AST foram contrários dos encontrados por Deus (2019) que verificou a conservação pós-colheita de batata-doce roxa em função da adubação fosfatada. A vitamina C não foi influenciada nem pelos fatores isolados e nem pela interação (Doses x Cultivares) (Figura 2E). O pH da cultivar BRS Cuia foi reduzido até a dose 180 kg ha^{-1} de P_2O_5 , enquanto a cultivar Paraná apresentou um aumento no pH que variou de 9 a 10 % em relação ao tratamento que não recebeu doses de P. As doses de P não influenciaram o pH da cultivar BRS Amélia (Figura 2A). O pH é um parâmetro importante, pois influencia a atividade enzimática, além de ajudar na identificação da maturação de frutas e hortaliças (CECCHI, 2003).

A cultivar BRS Amélia apresentou aumento dos SS a partir da dose 60 kg ha^{-1} de P_2O_5 , onde à medida que as doses foram aumentadas, o conteúdo de SS foi aumentado, tendo um incremento que variou de 2 a 22%. Para a cultivar BRS Cuia o conteúdo de SS foi aumentado até a dose 120 kg ha^{-1} de P_2O_5 . As doses de P não influenciaram os SS da cultivar Paraná (Figura 2B). O teor de SS é uma medida indireta do teor de açúcares, visto que existem outras substâncias dissolvidas na seiva vacuolar (vitaminas, fenólicos, pectinas, ácidos orgânicos, etc.). Seus valores variam em relação a espécie, cultivares, estádios de maturação e clima, situando-se entre 2 a 25% (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

A AT aumentou linearmente para a cultivar BRS Amélia com o incremento das doses de P. A cultivar Paraná sofreu redução da acidez titulável até a dose 180 kg ha^{-1} de P_2O_5 , aumentando 11% na dose 240 kg ha^{-1} de P_2O_5 em relação ao tratamento que não recebeu P. A cultivar BRS Cuia não apresentou diferença significativa da acidez titulável sob as doses P (Figura 2C). Chitarra e Chitarra (2005) mencionam que a acidez é atribuída devido a dissolução de ácidos orgânicos encontrados nos vacúolos celulares, em formas livres ou combinados com sais, ésteres, glicosídeos, etc. Além disso, esses ácidos são utilizados como substratos no processo respiratório durante o amadurecimento, podendo sofrer variação por fatores ambientais e fatores relacionados à planta. Shi et al. (1992) mencionam que o incremento da AT pode estar relacionado ao sistema de enzimas ativas, como antocianases, polifenoloxidasas e peroxidases.

A cultivar Paraná apresentou relação SS/AT com ponto máximo na dose 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅ com aumento de 39%, seguida da redução da relação SS/AT entre as doses 120 e 240 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Houve redução da relação SS/AT da cultivar BRS Amélia variando de 16 a 40%. A cultivar BRS Cuia apresentou aumento até a dose 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅ variando de 7 a 8%, além disso, exibiu um ponto mínimo na dose 180 kg ha⁻¹ com redução de 40% na relação SS/AT (Figura 2D). A relação SS/AT que também é chamada de ratio representa uma das melhores formas de avaliação do sabor e mais eficiente do que a mediação isolada de sólidos solúveis e acidez titulável, mostrando um equilíbrio entre esses dois componentes (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Os AST aumentaram com a adição das doses de P na cultivar Paraná, tendo um incremento que variou de 15 a 19%. A BRS Cuia apresentou resultado contrário, sofrendo uma redução no conteúdo de AST variando de 6 a 41%. A BRS Amélia não foi influenciada pelas doses de P (Figura 2F). O acúmulo de AST está associado a maior translocação de sacarose durante o desenvolvimento de raízes tuberosas de batata-doce, visto que é a principal forma de carboidrato translocado na planta (OLIVEIRA, 2015). Além disso, o P está envolvido na formação da sacarose fosfato sintase (SPS), importante para a determinação do teor de AST de muitas espécies, principalmente, para estimular a acumulação de sacarose (LESTER et al., 2001).

O P como fosfato (PO₄³⁻) é um componente integral de compostos importantes nas células vegetais, bem como açúcares fosfato, intermediários da fotossíntese e da respiração, além de compor as membranas vegetais por meio dos fosfolipídeos (TAIZ et al., 2017). Frutas e hortaliças respondem de maneiras diferentes com o suprimento ou deficiência de P, Chitarra e Chitarra (2005) mencionaram que plantas cítricas são pouco exigentes quanto ao P, porém seu excesso e falta influenciam na produtividade e qualidade significativamente. A aplicação de P diminui a espessura da casca e o teor de vitamina C, aumentando a porcentagem do suco. Além disso, reduz o teor de SS e aumenta a relação SS/AT. Esses achados, foram semelhantes aos resultados da cultivar BRS Cuia, em grande parte, demonstrando que os atributos de qualidade se diferenciam em relação as cultivares de uma mesma espécie tratadas com doses de fósforo.

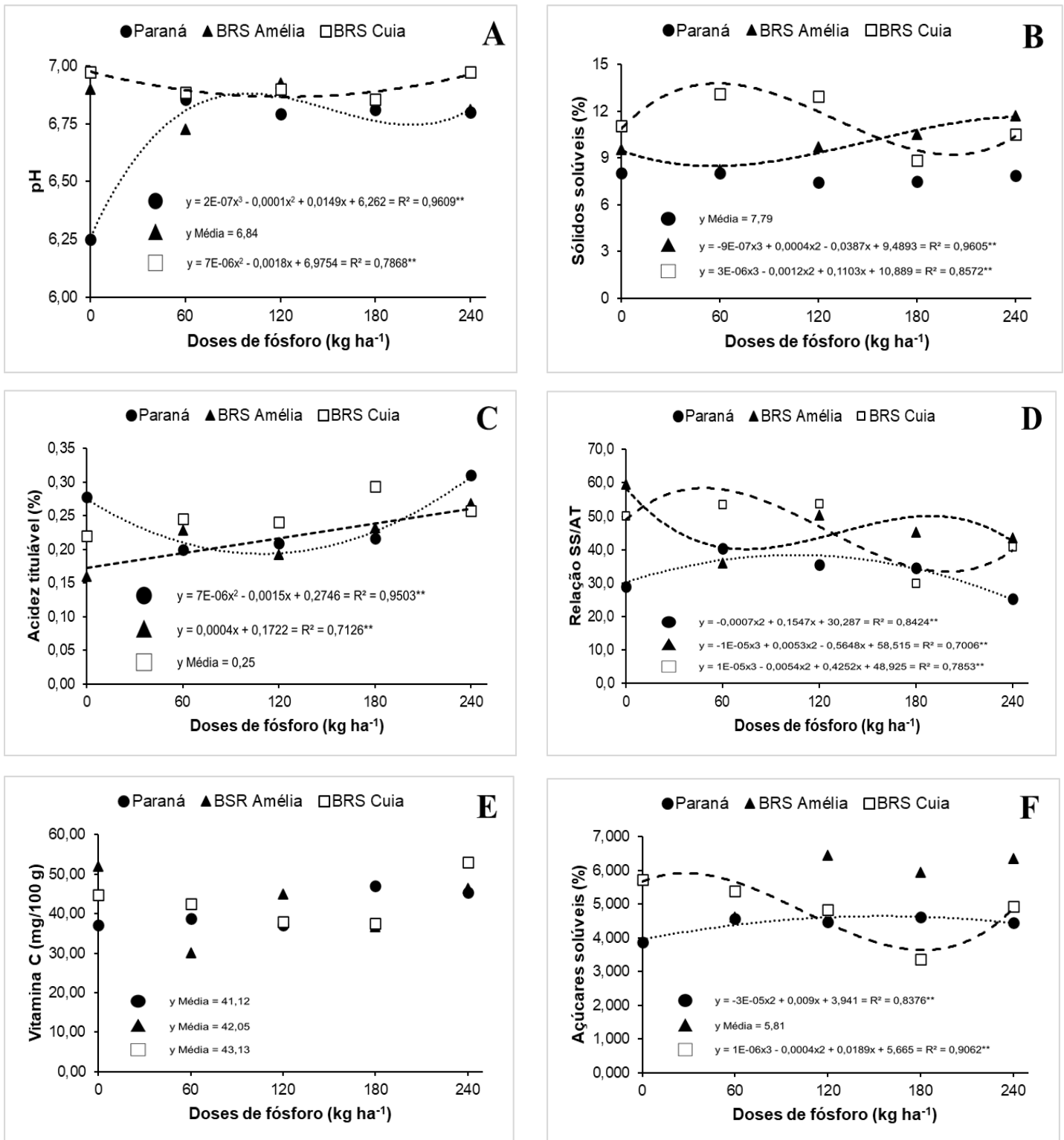


Figura 2. pH (A), Sólidos solúveis (B), Acidez titulável (C), Relação SS/AT (D), Vitamina C (E) e Açúcares solúveis totais (F) das raízes tuberosas de batata-doce em função da adubação fosfatada. Mossoró-RN, UFERSA, 2022.

O teor de flavonoides não foi influenciado pelas doses de P, mas houve significância entre as cultivares e a interação das doses com as cultivares ($p < 0,05$). A cultivar Paraná apresentou aumento significativo somente na dose 240 kg ha⁻¹ de P₂O₅, de aproximadamente, 30% em relação ao tratamento que não recebeu a dose fosfatada. Além do mais, a cultivar Paraná apresentou médias superiores e estatisticamente diferentes nas doses 0 e 240 kg ha⁻¹ de P₂O₅ das outras cultivares e, médias semelhantes a BRS Amélia entre as doses 60 a 180 kg ha⁻¹ de P₂O₅. A cultivar Cuia apresentou teores baixos de flavonoides em relação as demais cultivares nas doses 60, 120 e 240 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Embora não significativa, até a dose 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅, as cultivares Paraná e BRS Amélia apresentaram teores crescentes de flavonoides (Tabela 2). Leite et al. (2016) encontraram valores distintos de flavonoides entre as cultivares de batata-doce avaliadas e inferiores aos encontrados no presente trabalho.

Tabela 2. Valores médios dos compostos bioativos (CBA) de raízes tuberosas de batata-doce em função da adubação fosfata. Mossoró-RN, UFERSA, 2022.

Doses (kg ha ⁻¹)	Cultivares	Flavonoides	Antocianinas	Carotenoides
		mg/100 g PF		
0	Paraná	87,79 bA	27,24 abA	1,060 cA
	BRS Amélia	72,12 aAB	12,22 aB	0,590 cB
	BRS Cuia	63,64 abB	9,42 aB	0,035 aC
60	Paraná	91,38 bA	16,55 bA	1,981 aA
	BRS Amélia	84,53 aA	12,73 aAB	0,832 abB
	BRS Cuia	48,63 bcB	0,76 aB	0,046 aC
120	Paraná	98,89 abA	14,26 bA	1,310 bA
	BRS Amélia	87,79 aA	12,72 aA	0,907 abB
	BRS Cuia	59,07 abB	6,36 aA	0,204 aC
180	Paraná	77,35 bA	15,52 bA	1,374 bA
	BRS Amélia	86,49 aA	10,43 aA	0,749 bcB
	BRS Cuia	70,82 aA	7,12 aA	0,020 aC
240	Paraná	113,58 aA	42,51 aA	1,284 bA
	BRS Amélia	67,56 aB	9,16 aB	0,973 aB
	BRS Cuia	35,90 cC	4,58 aB	0,042 aC
Média Geral		76,37	13,44	0,760
CV (%)		9,19	21,01	8,13
Dose (D)		ns	*	**
Cultivar (C)		**	**	**
D X C		**	**	**

As médias seguidas por diferentes letras minúsculas na coluna diferem entre si em relação a dose, e médias seguidas por diferentes letras maiúsculas na coluna diferem entre si em relação a cultivar, no nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey. *significativo; **altamente significativo; ns- não significativo.

Para as antocianinas houve significância na interação e nos fatores isolados de doses e cultivares. As doses de P reduziram os teores de antocianinas das cultivares Paraná até a dose 180 kg ha⁻¹ e BRS Cuia até a dose de máxima de fósforo. No entanto, a dose máxima (240 kg ha⁻¹ de P₂O₅) proporcionou um incremento de 56% do teor antocianinas para a cultivar Paraná. A cultivar BRS Amélia apresentou incremento de 4% do teor de antocianinas até a dose 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (Tabela 2). Os incrementos evidenciados de flavonoides e antocianinas podem ser justificados, pois o fósforo é constituinte de estruturas fundamentais de moléculas intermediárias do metabolismo secundário, estando interligado, principalmente, a disponibilidade de energia química (MAIA, 1998). Além disso, o P compõe a estrutura de precursores e enzimas primordiais para a biossíntese de compostos fenólicos por vias da pentose fosfato, chiquimato e fenilpropanoide. A deficiência de P pode resultar na redução dos metabólitos secundários (TAIZ e ZEIGER, 2004; TAIZ et al., 2017).

Os carotenoides são compostos bioativos importantes que atuam como antioxidantes (MARINOVA e RIBAROVA, 2007). As doses de P influenciaram os carotenoides das cultivares de batata-doce ($p < 0,05$). A cultivar Paraná apresentou maiores teores de carotenoides em relação as cultivares BRS Amélia e BRS Cuia em todas as doses de P. Além disso, a dose 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅ propiciou o maior teor de carotenóides para a cultivar Paraná, tendo um incremento de 87% desse pigmento em relação ao tratamento que não recebeu nenhuma dose de P. Para a cultivar BRS Amélia as doses de P trouxeram incrementos que variaram de 27 a 55% do teor de carotenoides. A BRS Cuia não apresentou diferença significativa em relação as doses (Tabela 2). A influência das doses de P pode ser explicada, pois o fósforo é componente dos pirofosfatos, que são constituintes intermediários essenciais na biossíntese de carotenoides importante para a coloração dos frutos (GOODWIN, 1988), fazendo com que ocorresse o aumento do teor de carotenoides. Tomlins et al. (2012) mencionaram que os conteúdos de carotenoides variam de 0,4 a 72,5 µg g⁻¹ de peso fresco, encontradas em variedades de cor laranja, amarela e branca.

4. CONCLUSÕES

As doses de P influenciaram as cultivares de batata-doce. A dose 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅ promoveu incrementos para os parâmetros de pH, SS, AT e Relação SS/AT, principalmente, para a cultivar BRS Cuia em relação as outras cultivares.

A cultivar BRS Amélia apresentou incrementos nos açúcares solúveis totais na dose 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅.

A dose 240 kg ha⁻¹ de P₂O₅ proporcionou maiores teores de flavonoides e antocianinas na cultivar Paraná em relação as demais.

O conteúdo de carotenoides para a cultivar Paraná foram aumentados em todas as doses fosfatadas, principalmente, na dose 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅, mostrando que a cultivar apresenta um grande potencial antioxidante, favorecendo a segurança alimentar.

REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. D. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

ANDRADE JÚNIOR, V. C.; VIANA, D. J.; FERNANDES, J. S.; FIGUEIREDO, J. A.; NUNES, U. R.; NEIVA, I. P. Selection of sweet potato clones for the region Alto Vale do Jequitinhonha. **Horticultura brasileira**, v. 27, p. 389-393, 2009.

ANDRADE JÚNIOR, V. C.; VIANA, D. J. S.; PINTO, N. A.; RIBEIRO, K. G.; PEREIRA, R. C.; NEIVA, I. P.; ANDRADE, P. C. D. R. Características produtivas e qualitativas de ramas e raízes de batata-doce. **Horticultura brasileira**, v. 30, p. 584-589, 2012.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY (AOAC). Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry. 17. ed. Washington: AOAC, 2002.

AZEVEDO, A. M.; ANDRADE JÚNIOR, V. C.; FERNANDES, J. S. C.; PEDROSA, C. E.; OLIVEIRA, C. M. Desempenho agrônômico e parâmetros genéticos em genótipos de batata-doce. **Horticultura Brasileira**, v. 33, n. 1, p. 84-90, 2015. Doi:10.1590/S0102-053620150000100014.

BARKER, A. V.; PILBEAM, D. J. **Handbook of plant nutrition**. CRC press, 2015.

CARDOSO, A. D.; VIANA, A. E. S.; RAMOS, P. A. S.; MATSUMOTO, S. N.; AMARAL, C. L. F.; SEDIYAMA, T.; MORAIS, O. M. Avaliação de clones de batata-doce em Vitória da Conquista. **Horticultura Brasileira**, v. 23, p. 911-914, 2005.

CASTRO, L. A. S.; BECKER, A. **Batata-doce: BRS Amélia**. Pelotas, RS: Embrapa Clima Temperado, 2011. 1 folder. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/54925/1/BRS-Ame769lia-Castro-Suita.pdf>>. Acesso em: 01 de jun. 2022.

CASTRO, L. A. S.; TREPTOW, R. O.; BECKER, A.; OLIVEIRA, R. P.; CAMPOS, A. D.; SCHOER, E.; SCIVITTARO, W. B.; MELO, M.; EMYGDIO, B. M.; DUTRA, L. Cultivar de batata-doce BRS Cuia. **Pelotas, RS: Embrapa Clima Temperado**, 2011. Documento 352. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/78647/1/documento-352.pdf>>. Acesso em: 01 de jun. 2022.

CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos**. Editora da UNICAMP, 2003.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de Frutos e Hortaliças: Fisiologia e manuseio**. 2º. ed. Rev. e ampl. Lavras: UFLA, 2005.

COSTA, E. B. S. **Qualidade de melão Cantaloupe cultivado sob diferentes controles de alcalinidade e adubação fosfatada**. 2018. 91 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-árido, Mossoró.

DEUS, M. V. D. C. D. **Adubação fosfatada e revestimento comestível na conservação pós-colheita de batata-doce (*Ipomoea batatas* L.)**. 2019. 56 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró.

EMBRAPA. Sistema de produção de batata-doce. Embrapa Hortaliças, sistema de produção, 9, 2021. ISSN 1678-880X, versão eletrônica. Disponível: <<https://www.embrapa.br/web/portal/hortalicas/como-plantar-batata-doce>>. Acesso: 01 de jun. 2022.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, 38: 109-112, 2014.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa, MG: UFV, 2000.

FRANCIS, F. J. Analysis of Anthocyanins. In: MARKAKIS, P. **Anthocyanins as Food Colors**. London, UK: Academic Press, 1982, 263 p.

FROND, A. D.; IUHAS, C. I.; STIRBU, I.; LEOPOLD, L.; SOCACI, S.; ANDREEA, S.; AYVAZ, H.; MIHAI, S.; DIACONEASA, Z.; CARMEN, S. Phytochemical characterization of five edible purple-reddish vegetables: Anthocyanins, flavonoids, and phenolic acid derivatives. **Molecules**, v. 24, n. 8, p. 1536, 2019.

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

GRÜNEBERG, W. J.; MA, D.; MWANGA, R.; CAREY, E. E.; HUAMANI, K.; DIAZ, F.; EYZAGUIRRE, R.; GUAF, E.; JUSUF, M.; KARUNIAWAN, A.; TJINTOKOHADI, K.; SONG, Y. S.; ANIL, S. R. HOSSAIN, M.; RAHAMAN, E.; ATTALURI, S. I.; SOMÉ, K.; AFUAPE, S. O.; ADOFO, K.; LUKONGE, E.; KARANJA, L.; NDIRIGWE, J.; SSEMAKULA, G.; AGILI, S.; RANDRIANAIVOARIVONY, J. M.; CHIONA, M. et al. **Advances in sweetpotato breeding from 1992 to 2012. Potato and sweetpotato in Africa: transforming the value chains for food and nutrition security**, p. 3-68, 2015.

HIGBY, W. K. A. A simplified method for determination of some the carotenoid distribution in natural and carotene-fortified Orange juice. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 27, p. 42-49, 1962.

HUSSEIN, S. M.; JASWIR, I.; JAMAL, P.; OTHMAN, R. Carotenoid Stability and Quantity of Different Sweet Potato Flesh Colour over Postharvest Storage Time. **Advances in Environmental Biology**, v. 8, p. 667-671, 2014.

IASON, G. R.; DICKE, M.; HARTLEY, S. E. (Ed.). **The ecology of plant secondary metabolites: from genes to global processes**. Cambridge University Press, 2012.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos**. 4.ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2005.

KIBE, M. N.; KONYOLE, S.; NGUKA, G.; OLOO, M. O.; KATHURE, D.; WANGARI, P. M. The role of phytochemicals in prevention and control of chronic diseases. **International Journal of Current Research**, v. 9, n. 12, p. 62540-62543, 2017.

LEITE, C. E. C.; FONSECA, M. S.; PORCU, O. M. Avaliação da atividade antioxidante e conteúdo total de fenólicos e flavonoides para novas cultivares de batatas-doces (*Ipomoea batatas* L. Lam.). **XI Brazilian Meeting on Chemistry of Food and Beverages V Simpósio de Engenharia e Ciência de Alimentos**, São Paulo, 2016.

LESTER, G. E.; ARIAS, L. S.; GOMEZ-LIM, M. Muskmelon fruit soluble acid invertase and sucrose phosphate synthase activity and polypeptide profiles during growth and maturation. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 126, n. 1, p. 33-36, 2001.

MAIA, N. B. Efeito da nutrição mineral na qualidade do óleo essencial da menta (*Mentha arvensis* L.) cultivada em solução nutritiva. IN: **MING LC. Plantas medicinais aromática e condimentares: avanços na pesquisa agrônômica**. Botucatu: UNESP, p. 81-96, 1998.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Editora Ceres, 2006.

MARINOVA, D.; RIBAROVA, F. HPLC determination of carotenoids in Bulgarian berries. **Journal of Food Composition and Analysis**, n. 20, p. 370-374, 2007.

MODA, L.; MENDES, A. R.; CAMARGO, I. O que mudou no consumo brasileiro de frutas e hortaliças nos últimos anos? Hortifruti Brasil, n. 209 (20). Piracicaba, 2021. p. 10-17. Disponível em: <<https://www.hfbrasil.org.br/br/revista/acessar/completo/edicao-de-marco-oque-mudou-no-consumo-do-brasileiro-nos-ultimos-anos.aspx>>. Acesso: 01 de jun. de 2022.

MOREIRA, J. N.; DE QUEIROGA, R. C. F.; JÚNIOR, A. J. D. L. S.; DOS SANTOS, M. A. Caracteres morfofisiológicos e produtivos de cultivares de batata-doce, em Mossoró, RN. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 6, n. 1, p. 33, 2011.

NUNES, J. G. D. S. **Efeitos das épocas de plantio e das doses de fósforo sobre a produtividade e qualidade de cultivares de batata-doce**. 2019. 78 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

OLIVEIRA, A. M. S.; BLANK, A. F.; ALVES, R. P.; PINTO, V. S.; ARRIGONI-BLANK, M. F.; MALUF, W. R. Características produtivas de clones de batata-doce cultivados em três períodos de cultivo em São Cristóvão-SE. **Horticultura Brasileira**, v. 33, p. 377-382, 2015.

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

PEREIRA, L. D. **Influência de Fatores Edáficos na Composição Química de Cascas e Sementes de Jabuticaba (*Myrciaria cauliflora*)**. 2016. 116 f. Tese (Doutorado em Química) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia.

PILON, L.; GUEDES, J. S.; BITENCOURT, B. S.; MELO, R. A. D. C.; VENDRAME, L. P.; AMARO, G. B. Caracterização da qualidade, teor de fenólicos e carotenoides de novos genótipos de batata-doce de polpa laranja, creme e amarela. **Horticultura Brasileira**, v. 39, n. 3, p. 299-304, 2021.

REIS JÚNIOR, R. A.; MONNERAT, P. H. Exportação de nutrientes nos tubérculos de batata em função de doses de sulfato de potássio. **Horticultura Brasileira**, v. 19, p. 227-231, 2001.

RITSCHER, P. S.; HUAMÁN, Z. Variabilidade morfológica da coleção de germoplasma de batata-doce da Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, n.4, p.485-492, 2002.

RÓS, A. B.; NARITA, N.; HIRATA, A. C. S. Produtividade de batata-doce e propriedades físicas e químicas de solo em função de adubação orgânica e mineral. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 35, n. 1, p. 205-214, 2014.

SANTOS, J.F.; OLIVEIRA, A. P.; ALVES, A. U.; DORNELAS, C. S. M.; BRITO, C. H.; NÓBREGA, J. P. R. Produção de batata-doce adubada com esterco bovino em solo com baixo teor de matéria orgânica. **Horticultura Brasileira**, v. 24, p. 103-106, 2006

SHEKHAR, S.; MISHRA, D.; BURAGOHAJ, 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.

SHI, Z.; BASSA, I. A.; GABRIEL, S. L.; FRANCIS, F. J. Anthocyanin pigments of sweetpotatoes–*Ipomoea batatas*. **Journal of Food Science**, v. 57, p. 755–757, 1992.

SILVA, A. C. **Controle da reação do solo e adubação fosfatada na produção e pós-colheita de melão Cantaloupe**. 2018. 122 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-árido, Mossoró.

SILVEIRA, F. P. D. M.; LOPES, W. D. A. R.; OLIVEIRA, P. R. H. D.; LIMA, F. L. D. S.; SILVEIRA, L. M.; BARROS JÚNIOR, A. P. Qualidade de raízes de mandioca de mesa adubadas com fósforo. **Revista Caatinga**, v. 34, n. 4, p. 965-975, 2021.

STROHECKER, R.; HENNING, H. M. **Análisis de vitaminas, métodos comprobados**, 1967.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3ed. ARTMED, Porto Alegre, 2004, 719 p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Editora Artmed, 2017.

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.

VARGAS, P. F.; ENGELKING, E. W.; FERREIRA, L. C.; ALVES, E.; OLIVEIRA, H. C. Genetic diversity among sweet potato crops cultivated by traditional farmers. **Revista Caatinga**, v. 31, p. 779-790, 2018.

YEMN, E. W.; WILLIS, A. J. The estimation of carbohydrate in plant extracts by anthrone. **The Biochemical Journal**, London, v. 57, p. 508-514, 1954.

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, Y; GAN, R; LI, S; ZHOU, Y; LI, A; XU, D; LI, H. 2015. Antioxidant phytochemicals for the prevention and treatment of chronic diseases. **Molecules** 20: 21138–21156.