

POTENCIAL DE UTILIZAÇÃO DE ÁGUA RESIDUÁRIA NA QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA DA BATATA-DOCE PARA INDÚSTRIA

Dávilla Alessandra da Silva Alves¹, Rafael Oliveira de Melo², Jéssica de Lima³, Juliana Aparecida Marques Ebúrneo⁴, Magali Leonel⁵, Hélio Grassi Filho⁶

RESUMO: Objetivou-se avaliar o efeito da irrigação com água residuária nas características físico-químicas da batata-doce em função de três texturas de solo. O delineamento experimental foi em blocos casualizados em esquema fatorial 2x3, sendo dois tipos de água para irrigação (AR e AB) e 3 texturas de solo (Arenoso, Franco e Argiloso), com quatro repetições. Avaliaram-se os teores de amido e açúcar total da batata-doce, bem como características de qualidade referente a pH e acidez titulável das raízes. Concluiu-se que o uso de AR proporcionou aumento médio de até 58,96% e 17,65%, respectivamente, nos teores de açúcar total e amido. A utilização de AR não provocou alterações indesejáveis à qualidade das tuberosas.

PALAVRAS-CHAVE: reuso de água, biocombustível, sustentabilidade.

POTENTIAL FOR THE USE OF WASTEWATER IN THE PHYSICAL-CHEMICAL QUALITY OF SWEET POTATO FOR INDUSTRY

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the effect of irrigation with wastewater on the physical-chemical characteristics of sweet potatoes as a function of three soil textures. The experimental design was randomized blocks under a 2x3 factorial scheme, with two types of water for irrigation (RA and AB) and three - soil textures (Arenoso, Franco and Argiloso) with four replications. The values of starch and total sugar were evaluated, as well as quality characteristics: pH and root titratable acidity. It was concluded that the use of

¹ Doutoranda em Agronomia: Irrigação e drenagem, Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA/UNESP), Rua José Barbosa de Barros, 1780, CEP 18610-307, Botucatu, SP. Fone (14) 3880-7169. e-mail: davilla.alessandra@gmail.com.

² Eng^o Agr^o, Grupo MNS, Sorocaba, SP

³ Mestre em Agronomia: Irrigação e drenagem, Teresina, PI

⁴ Mestre em Agronomia: Energia na agricultura, CERAT/UNESP, Botucatu

⁵ Prof^a. Dr^a. Centro de Raízes e Amidos Tropicais, CERAT/UNESP, Botucatu, SP

⁶ Prof. Dr. Depto de Solos e Recursos Ambientais, FCA/UNESP, Botucatu, SP

RA provided an average increase of up from to 58.96% and 17.65%, in the total sugar and starch contents. The use of RA did not cause undesirable changes in the quality of the tuberoses.

KEYWORDS: reuse of water, biofuel, sustainability.

INTRODUÇÃO

A batata-doce foi reconhecida como a sétima cultura mais importante do mundo e a quarta cultivada no Brasil. A sua importância se refere a produção de raízes ricas em proteínas, açúcares e amido, cultivadas sob climas e solos variados. O alto teor deste componente, o amido, tem chamado atenção para os seguimentos alimentício e recentemente para a indústria energética, para a produção de biocombustível por ser um componente barato, sustentável e abundante (GICHUHI et al., 2014; PERESSIN; FELTRAN, 2014).

O Brasil produz etanol a partir da cana-de-açúcar, mas estudos recentes apontaram a batata-doce como uma alternativa promissora devido aos altos rendimentos de etanol, 31% superior em relação à cana-de-açúcar (ZISKA et al., 2009; JIN et al., 2012) e 59,4% maior quando comparada ao milho utilizado nos Estados Unidos (TRIANA, 2011).

Este reconhecimento tem gerado incentivos para ampliar a área produzida, que refletiram no aumento da produção global. No Brasil, a produtividade média aumentou em 28,38%, no período de 2012 a 2016 (IBGE, 2016). No entanto, o setor ainda sofre com a falta de investimento em tecnologias que tenham como meta aumentar o rendimento e a qualidade desta cultura.

A dificuldade para alcançar resultados que permitam a manutenção satisfatória da atividade, é que a batata-doce ainda é cultivada em solos arenosos, pobres, com tecnologia mínima e principalmente sem irrigação, que compromete a expressividade genética da cultura aos manejos empregados (LAREO et al., 2013). Como consequência, ano após ano, as safras esperadas tornam-se cada vez menores e muitos agricultores passam a desacreditar na viabilidade do cultivo, o que inviabiliza a oferta da cultura para o setor industrial.

Nesta linha, além dos critérios de adubação e textura do solo, a irrigação representa uma das principais tecnologias com potencial de trazer resultados satisfatórios, uma vez que assegura a eficiência da adubação e da produção, principalmente na estiagem (FREITAS et al, 2018). Como alternativa sustentável, para que fosse possível investir em irrigação em regiões com restrição hídrica, pesquisas dedicadas ao uso de águas residuais têm ganhado destaque

devido a sua disponibilidade ao longo do ano. A vantagem vai além de tornar possível o fornecimento de água, mas fornecer nutrientes essenciais (NASCIMENTO et al., 2016; SOUZA et al., 2017). Porém, são escassos os estudos que busquem avaliar os efeitos do seu uso na qualidade final das culturas.

Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a composição físico-química da batata-doce para produção de biocombustível, cultivada em três tipos de solo em resposta à irrigação com água residuária como objeto de fornecimento de água e complemento para a adubação.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em campo na Fazenda Experimental Lageado da FCA/UNESP, Botucatu-SP, situada a 22°52'S 48°26' W e altitude de 786 m (SANTOS; ESCOBEDO, 2016). O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, no esquema fatorial 2x3 com quatro repetições.

Os tratamentos consistiram no cultivo da batata-doce sob irrigação com água residuária doméstica tratada (AR) e água de abastecimento (AB) e três texturas de solo, classificados como Neossolo Quartzarênico órtico típico arenoso, Latossolo Vermelho distrófico típico textura média e Nitossolo Vermelho distrófico típico argiloso (EMBRAPA, 2013). As caracterização dos solos utilizados são demonstradas na Tabela 1. As adubações e correções antes do ensaio foram realizadas em conformidade com as recomendações propostas por Raij et al. (1997).

Tabela 1. Caracterização das propriedades físicas e químicas dos solos utilizados.

Parâmetros ⁽¹⁾	Unidade	Arenoso	Franco	Argiloso
Densidade do solo ⁽²⁾	g.cm ⁻³	1,3	1,18	1,00
Densidade de partículas ⁽³⁾	g.cm ⁻³	2,6	2,50	2,74
Retenção de água	-	-	-	-
Saturado	dm ³ .dm ⁻³	0,46	0,54	0,62
0,10 atm	dm ³ .dm ⁻³	0,18	0,27	0,37
0,33 atm	dm ³ .dm ⁻³	0,14	0,22	0,33
pH	CaCl ₂	5,3	5,4	4,6
Matéria orgânica	g.dm ⁻³	21,1	15,2	50,1
Fósforo	mg.dm ⁻³	17,8	17,4	17,8
Potássio	mmolc.dm ⁻³	1,2	0,8	0,4
Cálcio	mmolc.dm ⁻³	5,0	3,0	4,0
Magnésio	mmolc.dm ⁻³	1,4	1,3	1,4
CTC	mmolc.dm ⁻³	27,7	25,7	35,8
Saturação de bases	%	24,4	19,8	16,2

⁽¹⁾ Profundidade 0-20 cm de amostragem. ⁽²⁾ Densidade do solo obtida pelo método do anel (EMBRAPA, 2011); ⁽³⁾ Densidade de partículas obtida pelo método do balão volumétrico (EMBRAPA, 2011).

A lâmina de irrigação diária foi determinada pelo método do Tanque Classe A (TCA), corrigida pelo coeficiente de cultura (Kc) (Allen et al., 1998) e aplicada via gotejamento com 95% de eficiência, percentual obtido por testes realizados conforme Keller; Bliesner (1990). Os dados ambientais registrados durante o período de condução do experimento (Figura 1) foram obtidos do sistema da estação meteorológica instalada a 10 metros do ensaio.

Durante a condução do experimento, foram realizou-se a análise química da água residuária utilizada na irrigação.

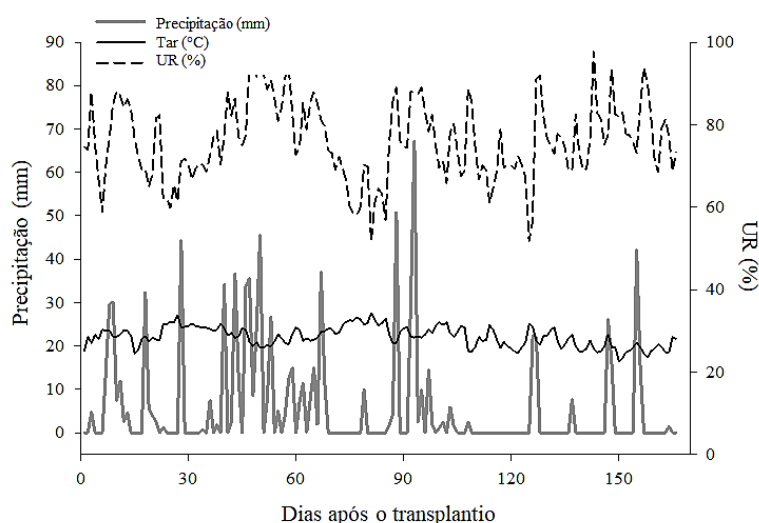


Figura 1. Variações médias mensais de precipitação pluviométrica (mm), Ta - temperatura do ar (°C) e UR - umidade relativa (%) ao longo de toda a estação de crescimento da batata-doce. (Fonte: Autora). Botucatu, 2016-2017.

Na colheita, realizada aos 165 dias após o plantio, as plantas foram colhidas e fracionadas em parte aérea e raízes. Todas as amostras de raízes foram lavadas e escovadas para eliminar impurezas de solo e fertilizantes.

Seguindo a metodologia da AOAC (2005), determinou-se o pH e o teor de acidez titulável a partir de 5g de amostra fresca obtida de três raízes amostradas aleatoriamente nos tamanhos grande (250g), médio (150g) e pequeno (75g). Posteriormente, 400g de amostras frescas de raízes foram inseridas em estufa de circulação forçada a 105°C para secagem até peso constante, determinando-se no extrato seco a umidade AOAC (2005), teores de açúcares solúveis totais e amido de acordo com Somogy (1945), Nelson (1944) e AOAC (2005).

Os dados foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste Tukey a $p \leq 0.05$ de probabilidade, utilizando-se o software SISVAR.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A utilização da água residuária doméstica tratada (AR) demonstrou maior eficiência no fornecimento de N, K e Ca. Não foram quantificados os teores de Cu e Zn no efluente em razão da ausência dos elementos (Tabela 1).

Tabela 2. Contribuição de nutrientes acrescentados via irrigação com efluente tratado

Estágio	DAP	mg vaso ⁻¹								
		N	P	K	Ca	Mg	S	B	Fe	Mn
Estabelecimento	0 – 30	1194	33,0	504	583	61,3	218	1,0	7,6	1,4
Vegetativo	31 – 60	1049	30,4	449	562	56,2	187	0,9	4,9	1,1
Maturação/colheita	61 – 150	6082	175,9	1606	1258	325,9	386	5,4	28,2	6,5
Total	–	8326	239	2561	2404	443,3	792	7,4	40,7	9,0

*DAP – dias após o plantio.

As interações significativas entre tipos de solo e águas para irrigação demonstram que o uso de AR proporcionou aumento médio no teor de açúcar total de 50,55% em solo arenoso quando comparado com o uso de AB para o mesmo tipo de solo (Tabela 2). Em solo franco e argiloso, este aumento foi mais expressivo e proporcionou incrementos médios de 57,49% e 58,96%, também em relação a menor média (2,27 g.100g⁻¹).

Comportamento semelhante foi observado para os teores de amido, com incremento médio de 7,27% em solo arenoso utilizando AR quando comparado ao uso de AB, sendo superior em 17,65% e 9,79% em solos franco e argiloso, em relação a menor média obtida (22,62 g.100g⁻¹).

Quanto aos valores médios de pH e acidez titulável, não houve diferenças significativas em relação à textura do solo. Os dados de pH variaram de 6.1 a 6.2 com CV% de 2.14, enquanto que a acidez titulável apresentou valores entre 2.1 a 2.5 com CV% de 11.01, respectivamente. A não influencia nestes caracteres indica que a utilização de AR não provoca alterações indesejáveis à qualidade das tuberosas, estes valores encontrados estão de acordo com os reportados por Leonel et al. (1998) e Cereda et al. (1985).

Tabela 3. Caracterização de componentes físico-químicos em raízes de batata-doce cultivadas sob diferentes texturas de solo e tipos de água para irrigação.

Tratamentos	Açúcar total (g.100g ⁻¹)			Amido (g.100g ⁻¹)		
	Arenoso	Franco	Argiloso	Arenoso	Franco	Argiloso
AB	2,27 Bc	3,44 Bb	4,61 Ba	22,62 Bb	22,96 Bab	24,01 Ba
AR	4,59 Ab	5,34 Aab	5,53 Aa	24,76 Ab	26,91 Ab	25,45 Aa
p	< 0,05			< 0,01		
CV%	5,38			3,01		

Médias seguidas de letras iguais maiúsculas na coluna (água) e minúsculas na linha (solo) não diferem entre si pelo teste de Tukey (p < 0,05). Legenda: AB – água de abastecimento; AR- água residuária doméstica tratada.

A Figura 2 demonstra a resposta da batata-doce quanto a produção de amido e açúcares totais, comparando texturas de solo junto ao tipo de água para irrigação.

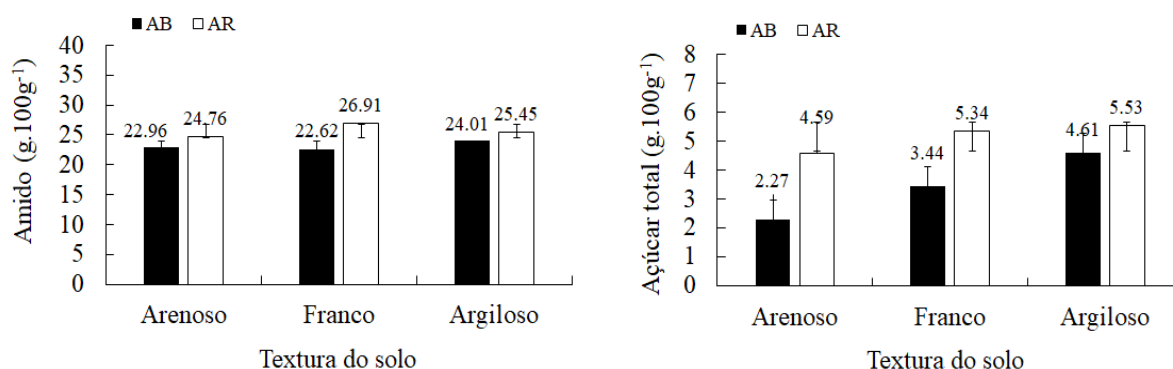


Figura 2. Teores de amido e açúcares totais em raízes de batata-doce cultivadas sob diferentes texturas de solo e águas para irrigação

Os incrementos obtidos para os teores de amido e açúcar total evidenciam que a cultura respondeu às contribuições de N, K e Ca através do fornecimento de AR. A produção destes metabólitos é dependente da absorção de nutrientes específicos que mediam a atividade fisiológica da planta, e a textura do solo demonstrou ser fator importante para a eficiência da absorção destes nutrientes e, sobretudo, para alcançar melhores resultados.

Referente ao papel da nutrição sobre as variáveis analisadas, Strassburger et al. (2011) evidencia que o fornecimento adequado de nitrogênio e cálcio contribui em funções fisiológicas essenciais que atuarão ativamente na eficiência fotossintética, mediando o desenvolvimento pleno da planta e, na síntese e alocação de fotoassimilados nos órgãos de reserva da cultura.

Nesta linha, o potássio é documentado como o elemento mais importante para a batata-doce, porque está atribuído às múltiplas funções fisiológicas desempenhadas especialmente na atividade estomática e aproveitamento da água do solo, impulsionando o teor água nos tecidos que aceleram a translocação de carboidratos para órgãos de reserva (MOTA et al., 2016). Estudos desenvolvidos por Liu et al. (2012), analisando doses de K na batata-doce, verificaram maior acúmulo de amido nas raízes e concluíram que as razões fisiológicas que justificam a maior produção do metabólito, são o aumento nas atividades de α e β -amilase com a presença do elemento. Os autores também identificaram o aumento no teor de açúcares solúveis totais, que resultou do processo de hidrólise do amido produzido. Estes resultados são importantes e de grande interesse, uma vez que o amido é o principal produto para o setor industrial.

No que diz respeito à produção de bioetanol, por exemplo, o amido sofre hidrólise enzimática para que ocorra o desdobramento total das moléculas de amilose, que se decompõem e se transformam em dextrinas e, por fim, glicose. Na fase de fermentação, os açúcares simples decorrentes do processo hidrolítico são transformados em etanol (SILVA et al, 2018). Portanto, é possível que o teor de amido presente nas raízes possa servir como um modelo de predição ao potencial de produção de bioetanol.

Os resultados deste estudo evidenciam que além de influenciar positivamente na produtividade das culturas, o uso consciente de águas residuais apresenta potencial além dos aspectos nutricional e de irrigação, mas pode influenciar significativamente em caracteres de qualidade que são de interesse para outros seguimentos, agregando valor a culturas como a batata-doce.

CONCLUSÕES

A irrigação com água residuária no cultivo da batata-doce proporciona condições para aumento da qualidade físico-química das raízes, e potencializa o uso de ambas as matérias-primas para uma cadeia de produção mais limpa e sustentável de biocombustíveis.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelas bolsas de estudo aos estudantes de pós-graduação na área de manejo da irrigação e reúso de água na agricultura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R. G. et al. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements, Rome: FAO. Irrigation and drainage paper, v. 56, 1998. 301p.

AOAC (Association of Official Analytical Chemists). **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists International**. 18. th. edition, Gaithersburg, 2005. 3000 p.

CEREDA, M.P.; WOSIACKI, G.; CONCEIÇÃO, F.D.A. Características físico-químicas e reológicas de cultivares de batata doce (*Ipomoea batatas*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 5, p. 61-70, 1985.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos 2ª ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013. 306p.

FREITAS, C. A. S.; NASCIMENTO, J.A.M.; BEZERRA, F. M. L.; LIMA, R. M. M. Use of treated sewage as water and a nutritional source for Bean crops. *Rev. Caatinga*, Mossoró, v. 31, n. 2, p. 487 –494, 2018.

GICHUHI, P. N.; KPOMBLEKOU-A. K; BOVELL-BENJAMIN, A. C. Nutritional and physical properties of organic Beauregard sweet potato [*Ipomoea batatas* (L.)] as influenced by broiler litter application rate. **Food Science & Nutrition**, v. 2(4), p. 332–340, 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Produção Agrícola Municipal: **informações sobre culturas temporárias. [Batata-doce]**. Rio de Janeiro: IBGE, 2016. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/1612#resultado>>. Acesso em: 02 jun. 2019.

JIN, Y.; FANG, Y.; ZHANG, G.; ZHOU, L.; Zhao, H. Comparison of ethanol production performance in 10 varieties of sweet potato at different growth stages, *Acta Oecologica*, v. 44, p.33-37, 2012.

KELLER, J.; BLIESNER, R. D. Sprinkle and trickle irrigation. New York: Avibook, 1990. 649p

LAREO, C., FERRARI, M., GUIGOU, M., FAJARDO, L., LARNAUDIE, V., RAMIREZ, M. E MARTINEZ-GARREIRO, J., Avaliação da batata-doce para produção de bioetanol combustível: hidrólise e fermentação. **SpringerPlus**, 2, 1-11, 2013.

LEONEL, M.; JACKEY, S.; CEREDA, M. P. Processamento industrial de fécula de mandioca e batata doce - um estudo de caso. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 18, n. 3, 1998.

LIU, H. J., SHI, C. Y., ZHANG, L. M., ZHANG, H. F., WANG, Z. Z., & CHAI, S. S. Effect of potassium on related enzyme activities in sugar metabolism of edible sweet potato. **Plant Nutrition and Fertilizer Science**, v. 18, n. 3, p. 724-732, 2012.

RAIJ, B. Van et al. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas instituto agrônomo, 2001. 285p.

MOTA, J. H. et al. **Nutrição e Adubação da Cultura da Batata-Doce**. In: PRADO, R. de M.; CÉCILIO FILHO, A. B. (eds). **Nutrição e Adubação de Hortaliças**. Jaboticabal: FCAV/CAPES, 2016. 600 p.

NELSON, N. et al. A photometric adaptation of the Somogyi method for the determination of glucose. **J. biol. Chem**, v. 153, n. 2, p. 375-380, 1944.

NASCIMENTO, T. S.; MONTEIRO, R. N. F.; SALES, M. A. DE L.; FLORIANO, L. S.; PEREIRA, A. I. de A. Irrigação com efluente de piscicultura no cultivo de mudas de tomate. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.10, n. 4, p. 866-874, 2016.

PERESSIN, V. A.; FELTRAN, J. C. In: AGUIAR, A.T E. et al. (editores). **Boletim 200**. Instruções agrícolas para as principais culturas econômicas. Campinas: IAC, 2014. p. 59-61

SANTOS, C. M.; ESCOBEDO, J. F., Temporal variability of atmospheric turbidity and DNI attenuation in the sugarcane region, Botucatu/SP. **Atmospheric Research**, v.181, p. 312–321, 2016.

SILVA, J. O. V.; ALMEIDA, M. F.; ALVIM-FERRAZ, M. C.; DIAS, J. M. Integrated production of biodiesel and bioethanol from sweet potato. **Renewable Energy**, v. 124, p. 114-120, 2018.

SOMOGYI, M. Determination of blood sugar. **J. biol. Chem**, v. 160, p. 69-73, 1945.

SOUZA, Á. H. C.; REZENDE, R.; LORENZONI, M. Z.; SERON, C. C.; HACHMANN, T. L.; LOZANO, C. S. Response of eggplant crop fertigated with doses of nitrogen and

potassium. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, n. 1, p. 21-26, 2017.

STRASSBURGER, A. S. et al. Dinâmica de crescimento da abobrinha italiana em duas estações de cultivo. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 2, p. 283 - 289, 2011.

TRIANA, C.A.R. Energetics of Brazilian ethanol: Comparison between assessment approaches, *Energy Policy*, v.39, p.4605-4613, 2011.

ZISKA, L. H.; RUNION, G.B.; TOMECEK, M.; PRIOR, S.A.; TORBET, H.A.; SICHER, R. An evaluation of cassava, sweet potato and field corn as potential carbohydrate sources for bioethanol production in Alabama and Maryland, *Biomass and Bioenergy*, v.33, p.1503-1508, 2009.