



II-222 CULTIVO DE FEIJÃO CAUPI IRRIGADO COM ÁGUA CINZA TRATADA EM WETLAND CONSTRUIDO

Victória Bermúdez⁽¹⁾

Pós-doutoranda em Tecnologia e gestão ambiental (IFCE). Doutora em Ecologia e recursos hídricos (UFC)

Marcus Andrade

PhD in Hydraulics and Sanitation (USP)

Glória Silva

PhD in Hydraulics and Sanitation

Kelly Rodrigues

PhD in Hydraulics and Sanitation

Endereço⁽¹⁾: Av. Treze de Maio, 2081 - Benfica, Fortaleza - CE, 60040-531. Vmsbermudez@gmail.com

RESUMO

O uso de águas residuárias tratadas é uma prática sustentável que mitiga impactos negativos gerados pela escassez hídrica que atinge regiões áridas e semiárida, bem como uma alternativa ao uso de fertilizantes comerciais, pois as culturas podem fazer uso de nutrientes ainda presente nesses efluentes para seu desenvolvimento. Neste trabalho foram avaliadas as características de crescimento de feijão caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp) irrigado com água cinzas domésticas tratadas em sistema de *wetland* construído de fluxo vertical descendente, plantados com macrófitas emergentes nativas *Echinodorus Subalatus*. Os efluentes utilizados na irrigação foram: água de abastecimento (AA), como controle e o efluente de *wetland* que recebeu como substrato apenas areia e tijolos cerâmicos (WC 2). O efluente o WC 2 apresentou características de acordo com as diretrizes de qualidade de água de reuso propostas na legislação brasileira e americana. O plantio das sementes foi em duplicata em vasos de 5L contendo solo local. Na ausência de adubação química, os solos irrigados com água cinza tratado conseguiram suprir as necessidades nutricionais do feijão-caupi, porém de forma semelhante a água de abastecimento. Logo, é possível a viabilidade técnica do potencial agrícola de utilização dessas águas.

PALAVRAS-CHAVE: reuso, água residuária, subsistência, ecotecnologia

INTRODUÇÃO

A falta da água foi sempre o fator dominante e limitante na agricultura na maioria dos países onde não há regularidade de chuvas, como por exemplo na região semiárida do nordeste brasileiro (MEDEIROS et al., 2014). A demanda hídrica de água na agricultura a nível mundial é de cerca de 69%, enquanto no Brasil quase metade da água consumida destina-se a agricultura irrigada (PAZ et al., 2000).

O aproveitamento planejado de efluentes na agricultura é uma alternativa para controle da poluição de corpos d'água, disponibilização de água para as irrigações, reciclagem de nutrientes e aumento de produção agrícola. O uso de efluente tratado como reuso é um dos principais temas ainda bastante estudados, já que é de suma importância o desenvolvimento sustentável (GHUNMI et al., 2010; SOUSA et al., 2020; COSTA et al., 2021). Pois, os efluentes possuem nutrientes que são necessários para o crescimento de culturas. No entanto, o tratamento escolhido deve ser seguro para que remova os patógenos e preserve os nutrientes.

As águas oriundas do banheiro, lavanderias e cozinhas são conhecidas como águas cinzas. Geralmente possuem carga orgânica e concentração de micro-organismos patogênicos baixas (GOLÇALVES et al., 2010), o que torna interessante seu emprego na irrigação de culturas. Porém, geralmente são ricas em produtos que possuem surfactantes em sua composição e podem conter traços de antibióticos, que são eliminados através de atividades urinárias humanas no banho (INYNBOR et al. 2019), sendo importante que sejam submetidas a tratamento para minimização dos efeitos negativos da presença desses poluentes.



Há relatos de que cultivos de feijão, tomate, pimentão e melancia irrigados com água de reuso têm demonstrado efetiva produtividade quando irrigados com efluentes domésticos (OLIVEIRA *et al.* 2011; CUNHA *et al.* 2015). O feijão caupi (*Vigna unguiculata* L.Walp) é uma cultura de subsistência importante no Brasil, já que apresenta um alto valor nutritivo e está presente na dieta alimentar do brasileiro, sendo adaptada às condições de calor e à deficiência hídrica (FREIRE FILHO *et al.*, 2005).

O uso de água cinzas em wetlands construídos (WC) para fornecer água de reuso mostra-se como uma alternativa de grande potencial para a economia de água, pois o efluente é coletado, tratado e descarregado próximo do local onde foi gerado. É uma ecotecnologia descentralizada que engloba processos físicos, químicos e biológicos para tratamento do efluente. Dos estudos realizados em laboratório e na estação de tratamento, concluiu-se que a seleção adequada de produtos químicos pode proporcionar não só a melhoria da qualidade da água, como também o aumento de vazão da mesma, sem que sejam necessárias paralisações prolongadas ou reformas onerosas.

O objetivo do trabalho foi avaliar se os efluentes produzidos por *wetlands* construídos de fluxo vertical com meio suporte de areia, tijolos cerâmicos plantados com uma espécie de macrófita nativa *Echinodorus subalatus* poderiam ser utilizados para suprimento das demandas hídricas e nutricionais do feijão caupi (*Vigna unguiculata* L.Walp), sem aplicação de adubação química.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi realizado na cidade de Fortaleza, Ceará, Brasil no jardim didático e experimental do Departamento de Biologia da Universidade Federal do Ceará (UFC), no campus do Pici (3°44'41.06"S, 38°34'25.88"O, elevação 23 m) e ocorreu em 2 fases, a primeira, na estação mais seca e a segunda fase foi na estação chuvosa.

O sistema de *wetland* construído (WC) superficial vertical descendente era constituído de um reservatório de alimentação e (1 m x 1 m x 1 m) plantados com macrófita nativa *Echinodorus subalatus* (Mart.) Griseb (20 mudas/m²). O afluente era distribuído por gravidade e após percolação pela coluna filtrante era recolhido por sistema de drenagem, na base dos tanques. Foram utilizados como substrato areia média lavada de rio ($\varnothing = 0,42$ a 2,00 mm) e tijolo cerâmico ($\varnothing \sim 5$ cm).

O sistema recebeu como afluente uma água cinza doméstica preparada seguindo a metodologia adaptada de Abed e Scholz (2016), com a adição de xampu, sabonete líquido e creme dental.

Os efluentes obtidos dos *wetlands* foram usados como água de irrigação na agricultura com cultivares crioulas de feijão caupi.

O feijão-caupi oriundo da região de Barreira, Ceará foi cultivado em vasos plásticos de 4 L, com a base perfurada, sobre a qual foi disposto enchimento de 2 cm de brita n° 1 ($\varnothing = 19$ mm a 25 mm), para facilitar a drenagem, de acordo com a metodologia de Filho *et al.* (2011), seguido de 16 cm de solo natural (silte argiloso), sem adubação química. Foi utilizado um delineamento inteiramente casual em esquema fatorial com 4 tratamentos (1 cultura de feijão, 4 efluentes) (Tabela 1), com 4 repetições (vasos) e cada vaso com 2 plantas.

Tabela 1. Descrição dos tratamentos do modelo experimental

TRATAMENTO	DESCRIÇÃO
T1 (CONTROLE)	Água de abastecimento da fase 1
T3	efluente do WC 2 da fase 1
T4 (CONTROLE)	Água de abastecimento da fase 2
T6	efluente do WC 2 da fase 2

A ordem dos vasos foi sorteada aleatoriamente em 4 fileiras com 3 vasos com o intuito de diminuir a influência de sua posição nos resultados. Plantou-se 5 sementes por vaso, a uma profundidade entre 6 e 8 cm, e durante 10 irrigados com água de abastecimento para que todas as mudas crescessem de forma igualitária. Após 10 dias, quando apareceram as folhas primárias, realizou-se um desbaste, deixando-se 2 plantas por vaso, escolhendo-se as mais vigorosas, menos defeituosas e de mesmo tamanho. Então foi iniciada a irrigação com os efluentes com 80% da sua capacidade de campo (200 mL).

Foi analisado a produtividade dos grãos (total de vagens, comprimento das vagens, peso das vagens, total de grãos, comprimento de grãos, largura e espessura dos grãos) utilizando análise de variância (ANOVA).

RESULTADOS

Sobre a qualidade dos efluentes com características de águas cinzas para reuso agrícola, utilizados neste experimento (Tabela 3), todos os utilizados nos tratamentos apresentaram dentro dos padrões da legislação de reuso agrícola no Brasil, estabelecida pelo COEMA n° 02/2017 e pela agência de proteção ambiental americana (Tabela 1).

Tabela 1 - Características das águas de irrigação utilizadas para o cultivo de feijão-caupi e padrões das legislações.

	Água de abastecimento (T1 e T4)	FASE 1		FASE 2		n°	Agência de Proteção Ambiental (EPA)
		WC 2 (T3)	WC 2 (T6)	COEMA 02/2017			
DQO (mg.L ⁻¹)	102,62	402,34±245,25	227,29±28,31				
Fósforo total (mg.L ⁻¹)	Nd	3,63±0,37	4,45±0,18				
Surfactante (mg.L ⁻¹)	Nd	3,5±3,03	1,92±0,84				
Amônia (mg.L ⁻¹)	0,1	3,20±1,34	3,53±2,91				
Nitrito (mg.L ⁻¹)	0,004	0,33 ±0,32	0,048±0,022				
Nitrato (mg.L ⁻¹)	0,001	0,26±0,60	0,20±0,6				
Alcalinidade total (mg CaCO ₃ . L ⁻¹)	70,7	181,25±41,27	103,1±17,05				
Dureza (mg CaCO ₃ . L ⁻¹)	136	138,30±25,05	118±19,30				
OD (mg/L de O ₂)		4,7±0,24	1,48±0,83				
Redox	160	110±14,0	101,3±10,6				
CE (µS/cm)	1850	1250	1300	Até 3000 µS/cm			
pH	6,6	6	5,1	entre 6 e 8,5	entre 6 a 9		
Coliformes totais (NMP.100 mL ⁻¹)	0	95	87				
<i>E. coli</i> (NMP.100 mL ⁻¹)	0	55	48	<100 NMP/100 mL	<200 NMP /100 mL		



Embora não haja recomendações na Resolução COEMA n° 02/2017 sobre limite de DQO para água de reuso agrícola, os efluentes tratados pelos sistemas *wetlands* nas duas fases apresentaram-se dentro dos valores limites a considerar a legislação nacional (CONAMA, 2011) e a americana (EPA, 2012) para lançamento de efluentes em corpos hídricos receptores.

Quanto à produção dos feijoeiros, estatisticamente, a irrigação com efluente tratado influenciou, na fase 1, no comprimento da vagem, peso da vagem e comprimento dos grãos. Já na fase 2, a mais chuvosa, influenciou apenas o comprimento dos grãos, conforme tabela 2.

Tabela 2

		Nº de vagem total (und)	Comprimento médio vagem (cm)	Peso médio vagem (g)	Nº de grãos total (und)	Comprimento médio dos grãos (mm)	Largura média dos grãos (mm)	Espessura média dos grãos (mm)
FASE 1	T1	3	9,53 ± ,3256a	0,3580 ±0,69a	16	4,00 ± 0a	4,66 ± 0,471a	3,66 ± 0,47a
	T3	3	15,70±0,4905b	2,11 ±1,14b	23	6,00 ± 0b	5,00 ± 0a	3,00 ± 0a
FASE 2	T4	6	12,75 ± 0,147a	1,27 ± 0,297a	35	2,11 ± 0,228a	5,00 ± 0a	4,00 ± 1,00a
	T6	6	11,83 v 0,147a	0,95 ± 0,408a	35	0,866± 0,128b	5,00 ± 0a	3,00 ± 0a

A largura e espessura média dos grãos não apresentaram diferenças significativas em nenhuma das duas fases, ou seja, o tipo de água usada na irrigação não afetou essas variáveis. Nem o período chuvoso e não chuvoso.

DISCUSSÃO

A remoção baixa de patógenos em sistemas *wetlands* também foi apresentada por outros autores que justificaram que esses sistemas por serem de estágio único e não ter adição de agentes químicos têm baixo desempenho (TOSCANO *et al.*, 2015; ZURITA e WHITE, 2014). Com a adição de uma etapa de desinfecção com UV no sistema WC, os autores Sklarz *et al.* (2013) conseguiram remover os patógenos por completo.

A água cinza tratada, neste estudo, apresentou concentrações de nutrientes próximas ao utilizados pelos autores Almuktar *et al.* 2015, que relataram que altas concentrações de nutrientes e minerais presentes nas águas residuais domésticas tratadas por *wetland* - 4,2 mg/L de fósforo, 4,2 mg/L de nitrogênio amoniacal e 7,0 mg/L de potássio - atrapalhou a produção de pimentão (*California Wonder*). Estes fatores podem ter influenciados algumas variáveis da produção dos feijoeiros.

A fase 1 obteve melhores respostas quando comparado ao controle, pois os valores foram superiores para comprimento de vagem, peso da vagem, comprimento dos grãos e total de grãos. Logo, a água residual tratada influenciou positivamente essas variáveis

Na fase 2, ocorreram diferenças significativas apenas na variável comprimentos dos grãos, no qual o controle foi superior ao efluente utilizado, ou seja, o efluente influenciou negativamente. É importante mencionar que, no período no qual ocorreu a Fase 2 (275,25 ± 232 mm), a precipitação média de chuva foi maior do que na Fase 1 (30,5 ± 27,34 mm), o que pode ter influenciado na diluição dos nutrientes.

É interessante observar que o número de vagens e grãos encontrado neste estudo são próximos que o reportado por Oliveira *et al.* (2015), sendo que esses autores utilizaram um bioestimulante com concentrações de 0,5 e 1 L ha⁻¹ e produziram 7 e 9 vagens, respectivamente e em média 7,28 grãos por vagens. Contudo, na literatura, a influência positiva da adição de nutrientes na produção de feijão foi estudada por outros autores (ABRANTES *et al.*, 2011; DOURADO NETO *et al.*, 2014).

Fazendo uma análise geral, o *wetland* construído foi capaz de produzir efluentes com características necessárias para reutilização de águas residuais agrícolas. Constatou-se ainda que a utilização de águas cinzas tratadas é uma alternativa a utilização de água potável para irrigação, já que consegue suprir as necessidades básicas do feijoeiro de igual forma que a água de abastecimento, compensando assim a escassez de água e minimizando a utilização de adubações químicas, contribuindo no âmbito ambiental e econômico.



CONCLUSÕES

Sobre a qualidade dos efluentes com características de águas cinzas para reuso agrícola utilizados neste experimento todos os utilizados nos tratamentos apresentaram dentro dos padrões da legislação de reuso agrícola no Brasil, estabelecida pelo COEMA nº 02/2017 e pela agência de proteção ambiental americana (EPA).

O estudo revelou que o feijão caupi irrigado com águas cinzas tratadas e abastecimento teve melhor resultado na fase 1, pois na fase 2 só apresentou diferenças estatísticas superiores quanto a variáveis comprimento dos grãos.

Quanto ao número de vagens e grãos produzidos nas Fase 1 e 2, os feijoeiros que foram irrigados com os efluentes tratados foi superior ou superior a quantidade obtida com a água de abastecimento.

Logo, a água cinza tratada é uma alternativa ao uso de água potável como fonte de irrigação e para melhores resultados de produção do feijoeiro a adição de nutrientes no solo é uma possível alternativa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABED, S.N., & SCHOLZ, M. Chemical simulation of greywater. *Environmental technology*, v. 37, n.13, p. 1- 46, 2016.
2. ALMUKTAR et al. Recycling of domestic wastewater treated by vertical-flow wetlands for watering of vegetables. *Water Practice and Technology*, v.10, n. 3, p. 445–464, 2015.
3. COSTA et al. (2021) Gray Water Treatment in Controlled Agricultural Production Unit associated with Hydrocyclone. *Research, Society and Development*, [S. l.], 10 (3), e11110312884
4. CUNHA et al .Reutilização de água residuária de origem doméstica para cultivo de tomate santa cruz. *revista mirante*, Anápolis (GO), v. 8, 2015.
5. DOURADO NETO et al. Ação de bioestimulante no desempenho agrônômico de milho e feijão. *Bioscience Journal*, v. 30, p. 371-379, 2014
6. Freire Filho, F.R. *Feijão-caupino Brasil : produção, melhoramento genético, avanços e desafios*. - Teresina : Embrapa Meio-Norte, 84f, 2011.
7. GHUNMI et al (2010) Grey water treatment in a series anaerobic – Aerobic system for irrigation. *Bioresource Technology*, 101 (1), 41-50, 2010.
8. GONÇALVES, R. F. et al. Reúso de águas cinzas em edificações urbanas – estudo de caso em Vitória (ES) e Macaé (RJ). *Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales: Investigación, desarrollo y práctica*. v.3, n.1, p. 120 – 131, 2010.
9. INYINBOR et al. (2019) Wastewater conservation and reuse in quality vegetable cultivation: Overview, challenges and future prospects. *Food control*. v. 98, p.489-500, 2019.
10. MEDEIROS, S. S.; SALCEDO, I. H.; SANTOS, D. B.; BATISTA, R. O.; SANTOS JUNIOR, J. A.; LIMA, R. C. C.; PEREZ-MARIN, A. M. Esgotamento Sanitário: Panorama para o Semiárido Brasileiro. 1. ed. Campina Grande: Instituto Nacional do Semiárido, 2014. v. 1. 63p
11. OLIVEIRA et al. Viabilidade técnica e econômica da produção de ervilha (*Pisum sativum L.*) cultivada sob diferentes lâminas de irrigação. *Engenharia Agrícola*, v. 31, n. 2, p. 324-333, 2011.



SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO
DE ENGENHARIA SANITÁRIA
E AMBIENTAL



12. PAZ, V. P. S.; TEODORO, R. E. F.; MENDONÇA, F. C. Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.4, n 3, 2000.
13. SOUSA et al. Implantação e avaliação de um sistema para tratamento de água cinza/Implementation and evaluation of a system for the treatment of gray water. *Brazilian Journal of Development*, v.6, n.1, p. 3531-3552, 2020.
14. TOSCANO et al. Comparison of removal efficiencies in Mediterranean pilot constructed wetlands vegetated with different plant species. *Ecological Engineering*, n.75, p.155-160, 2015.
15. ZURITA F, & WHITE, JR. Comparative study of three two-stage hybrid ecological wastewater treatment systems for producing high nutrient, reclaimed water for irrigation reuse in developing countries. *Water Water*, v.6, n.2, p. 213-228, 2014.