

SALINIDADE DO SOLO IRRIGADO COM EFLUENTES TRATADOS DE LATICÍNIO

GOMES, T. M.¹, ROSSI, F.², TOMMASO, G.³, MENEGASSI, L. C.⁴, PEREIRA, R. S.⁵

¹ Engenheira Agrônoma, Profa. Dr. Departamento de Engenharia de Biossistemas/FZEA/USP, Pirassununga/SP, 19 3565-6709, tamaragomes@usp.br

² Engenheiro Agrônomo, Prof. Dr. Departamento de Engenharia de Biossistemas/FZEA/USP, Pirassununga/SP.

³ Engenheira de Alimentos, Profa. Livre Docente Departamento de Engenharia de Alimentos/FZEA/USP, Pirassununga/SP.

⁴ Engenheira de Biossistemas, Mestranda do Departamento de Engenharia de Biossistemas/ESALQ/USP, Piracicaba/SP.

⁵ Engenheiro de Biossistemas, Mestrando do Departamento de Engenharia de Biossistemas/ESALQ/USP, Piracicaba/SP.

Apresentado no
XLVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2017
30 de julho a 03 de agosto de 2017 - Maceió - AL, Brasil

RESUMO: O presente trabalho teve como objetivo avaliar o potencial salino de efluentes tratados de laticínio aplicados por gotejamento no solo, em cultivo de beterraba. Foi utilizado um delineamento experimental em blocos casualizados, em fatorial 3 x 3, sendo três fontes de água (água de torneira-AT, efluente de laticínio aeróbio-EA, efluente de laticínio-EAN), três lâminas de irrigação (50 % da evapotranspiração da cultura -ETc da beterraba, 100 % ETc e 150% ETc), avaliados em três camadas de solo (0-10 cm, 10-20 cm e 20-30 cm) para um ciclo de cultivo de beterraba (outono/inverno/2014). As fontes de águas foram analisadas quanto aos parâmetros de CE e razão de adsorção de sódio-RAS e o solo quanto a CE e porcentagem de sódio trocável – PST. Os valores de CE, potencial salino dos efluentes, apresentaram grau de restrição de ligeiro a moderado para EA e severo para EAN, quanto à infiltração (RAS) as águas residuárias de laticínio não apresentaram restrição ao uso. No solo os efluentes concentraram a salinidade na camada superficial, com aumento da lâmina. Os valores de PST ficaram acima do preconizado pelo órgão ambiental, como premissa para a aplicação de efluentes na agricultura.

PALAVRAS-CHAVE: *Beta vulgaris*, reúso agrícola, agroindústria.

SALINITY OF IRRIGATED SOIL WITH TREATED EFFLUENTS FROM DAIRY

ABSTRACT: The objective of the present work was evaluate the saline potential of treated dairy effluents applied by dripping in the soil, in beet cultivation. A 3 x 3 factorial randomized block design was used, with three water sources (tap water-TW, aerobic dairy effluent-AE, dairy effluent-ANE), three irrigation depths (50% of evapotranspiration of the crop-ETc, 100% ETc and 150% ETc), evaluated in three soil layers (0-10 cm, 10-20 cm and 20-30 cm) for one cycle Beet growing (autumn / winter / 2014). The water sources were analyzed for the parameters of EC and sodium adsorption ratio - SAR and the soil for EC and exchangeable sodium percentage - ESP. The values of EC, saline potential of the effluents presented a degree of restriction from mild to moderate to AE and severe to ANE, as regards infiltration (SAR), the dairy wastewater had no restriction on use. The effluents concentrated the salinity on the surface layer of the soil, with increase of the blade. The values of PST were above that recommended by the environmental agency, as a premise for the application of effluents in agriculture.

KEYWORDS: *Beta vulgaris*, Agricultural reuse, Agroindustry.

INTRODUÇÃO: A agroindústria em seus processos consomem grandes quantidades de água, gerando efluentes com altas cargas orgânicas. Os tratamentos dessas águas no Brasil acontecem, na maioria, por sistemas biológicos. Os laticínios geram efluentes resultantes de diferentes produtos lácteos, com alta carga orgânica (Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO, 500-8.000 mg/L), acrescidos de sais resultantes da salga e dos os processos de limpeza e desinfecção das instalações (FONTENELLE, 2006). A irrigação com águas residuárias pode ser uma alternativa para melhor conservação dos recursos hídricos, completando os tratamentos biológicos e como fornecedor de água e nutrientes às plantas.

As pesquisas com efluentes tratados de origem orgânica têm demonstrado resultados positivos em produtividade (BAME et al., 2014; CÁCERES et al., 2015), mas a presença de sais também pode resultar em processos de salinização e sodificação do solo. O incremento da salinidade da solução do solo levam a deterioração das propriedades físico-químicas do solo (NKOA, 2014), restringindo o reúso agrícola (MATSUMOTO et al., 2012). Outro ponto importante a ser considerado é a tolerância das plantas à presença de sais no solo, principalmente pelo aumento do potencial osmótico em relação ao potencial total da água. A escolha de culturas tolerantes e o estudo do seu desempenho frente à salinidade são de fundamental importância. Nesse contexto, o objetivo desse trabalho foi avaliar o comportamento do solo, quanto à presença de sais, pela irrigação com efluente tratado de laticínio, por sistema anaeróbio e aeróbio.

MATERIAL E MÉTODOS: O experimento foi conduzido em uma casa de vegetação de 210 m², localizada na Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos/USP em Pirassununga – SP. O delineamento experimental foi realizado em blocos ao acaso, em esquema fatorial 3 x 3 e com quatro repetições, totalizando 36 parcelas experimentais, com área de 1 m². Foram utilizadas três fontes de água: (i) Efluente de laticínio tratado por sistema anaeróbio, batelada sequencial com biomassa imobilizada (EAN), tempo de detenção hidráulica de 48 horas; (ii) Efluente de laticínio tratado por reator combinado anaeróbio-aeróbio de leito fixo, com biomassa imobilizada (EA), fluxo contínuo, abastecido 50% com efluente e 50% com água; (iii) Água de abastecimento, proveniente da rede de distribuição de água do *Campus* (AB). As três lâminas de irrigação utilizadas corresponderam a 50% (W1), 100% (W2) e 150% (W3) da evapotranspiração da cultura (ET_c). O sistema de irrigação adotado foi irrigação por gotejamento, com gotejadores modelo NaanTif 25 16 mm (marca NaanDanJain), integrados, não-compensantes, com espaçamento de 0,20 m e vazão nominal de 2,3 L h⁻¹ para pressão de serviço de 98,06 kPa. O valor médio da vazão medido ao longo do experimento foi 2,38±0,04 L h⁻¹. Durante a condução do experimento foi cultivada beterraba, *cabernet*, cujas mudas foram transplantadas em caixas de PVC de 500 L (25 cm x 15 cm). Cada caixa representava uma parcela experimental e possuía quatro linhas de plantas e duas linhas de irrigação.

O efluente utilizado foi proveniente da Estação Experimental de Tratamento de Efluentes do Laticínio Escola da FZEA/USP. Antes de serem utilizados na irrigação, EAN e EA passaram filtro de manta geotêxtil para remoção dos sólidos suspensos e em seguida passaram por desinfecção microbiológica, através de um sistema de lâmpadas de ultravioleta.

As três fontes de águas utilizadas na irrigação foram caracterizadas quanto à condutividade elétrica, Ca, Mg e Na, conforme APHA/AWWA/WEF (2012), no período de 30/04/2014 a 22/07/2014, com frequência quinzenal. A razão de adsorção de sódio (RAS) das fontes de água foi determinada conforme AYERS & WESTCOT (1999). Para avaliação do comportamento dos sais no solo provenientes da irrigação com efluente foram realizadas

determinação da porcentagem de sódio trocável no solo (AYERS & WESTCOT, 1999) e condutividade elétrica do extrato de saturação, pela confecção da pasta de saturação (RICHARDS, 1954), em três camadas de solo (0-10 cm, 10-20 cm e 20-30 cm).

Os resultados da caracterização dos efluentes foram analisados pela média e desvio padrão. Para os parâmetros do extrato de saturação do solo, os dados foram submetidos à análise da variância, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey (5%), pelo software SISVAR 5.3

RESULTADOS E DISCUSSÃO: A Tabela 1 apresenta a caracterização das fontes de água quanto à presença de sais e o risco de sodificação do solo.

TABELA 1. Média e desvio padrão de condutividade elétrica (CE) e razão de adsorção de sódio (RAS) no período de 30/04/2014 a 22/07/2014 para três fontes de água.

Parâmetros	Fonte de água		
	AT	EA	EAN
CE (dS/m)	0,04±0,02	2,43±0,80	3,53±1,35
RAS (mmol _c /L) ^{1/2}	0,16±0,05	6,66±2,76	7,28±2,44

AT=água de torneira; EA=efluente tratado por sistema aeróbio; EAN=efluente tratado por efluente anaeróbio.

Os resultados da Tabela 1 mostram elevados teores de sais nos efluentes tratados de laticínio. Segundo AYERS & WESTCOT (1999) os valores encontrados para EA e EAN apresentaram grau de restrição de ligeiro a moderado e severo, respectivamente. Quanto ao potencial de sodicidade do solo pela aplicação de efluentes, com alto teor de sais, representado pela RAS, não foi observado nenhum risco de utilização, segundo RHOADES (1977) e OSTER & SCHROER (1979), ambos citados por AYERS & WESTCOT (1999). MATSUMOTO et al., 2012 avaliaram o potencial de risco de salinização e sodificação do solo pela aplicação de efluentes tratados por sistema anaeróbio seguido de aeróbio e os resultados obtidos foram semelhantes com essa pesquisa.

As Tabelas 2 e 3 apresentam os resultados para condutividade elétrica no extrato de saturação e a Tabela 4 os resultados referentes à porcentagem de sódio trocável (PST) no solo. A CEEs foi diferenciada com aplicação de efluentes, sendo maior no efluente anaeróbio (Tabela 2), seguindo a mesma tendência dos valores observados na Tabela 1. As lâminas de irrigação apresentaram diferenças na salinidade do solo na camada superficial (0-10 cm), nas demais profundidades o aumento da lâmina não resultou em diferenças. A PST do solo foi superior nos tratamentos com efluente, sem interação com lâmina ou profundidade, com valores acima do preconizado pelo órgão ambiental (6 %) (CETESB, 2007), o qual restringe o uso de efluentes no solo, considerando o risco de sodicidade do solo.

TABELA 2. Condutividade elétrica do extrato de saturação (CEEs) para fonte de água

Fonte de água	CEEs (dS/m)
AT	1,33 c
EA	2,22 b
EAN	3,01 a

C.V. (%) = 49,06

Letras iguais minúsculas na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (p < 0,05). AT=água de torneira; EA=efluente tratado por sistema aeróbio; EAN=efluente tratado por efluente anaeróbio. C.V.=coeficiente de variação.

TABELA 3. Condutividade elétrica do extrato de saturação (CEEs) para profundidade do solo versus lâmina de irrigação

Profundidade (cm)	CEEs (dS/m)		
	Lâmina de irrigação		
	W1	W2	W3
0-10	2,67 Ba	3,70 Aa	3,23 ABa
10-20	2,28 Aa	2,10 Ab	1,60 Ab

20-30	1,58 Aa	1,42 Ab	1,12 Ab
C.V. 1 (%) = 37,17		C.V. 2 (%) = 49,06	

Letras iguais maiúsculas ou minúsculas nas linhas e nas colunas, respectivamente, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). C.V.1 = coeficiente de variação da profundidade; C.V.2 = coeficiente de variação da lâmina. W1= 50% da evapotranspiração da cultura (ETc); W2= 100% da ETc; W3= 150% da ETc.

TABELA 4. Porcentagem de sódio trocável no solo (PST) para fonte de água

Fonte de água	PST (%)
AT	0,58 b
EA	7,32 a
EAN	7,41 a
C.V. (%) = 35,52	

Letras iguais minúsculas na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). AT=água de torneira; EA=efluente tratado por sistema aeróbio; EAN=efluente tratado por efluente anaeróbio. C.V.=coeficiente de variação.

CONCLUSÕES: A irrigação com efluentes tratados de laticínio, tanto por sistema anaeróbio, quanto aeróbio, apresentou alto teor salino. Os efluentes aplicados no solo concentraram os sais na camada superficial, nas lâminas de reposição de 100 e 150% da ETc. Os valores de PST ficaram acima dos valores preconizados pelo órgão ambiental, quanto à restrição de uso na agricultura.

AGRADECIMENTO: À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP, auxílio pesquisa, processo nº 2012/19239-0.

REFERÊNCIAS

- APHA/AWWA/WEF - American Public Health Association/ American Water Works Association/ Water Environment Federation. **Standard methods for the examination for water and wastewater**. 22. ed., Washington, 1496p, 2012.
- AYERS, R.S., WESTCOT, D.W. **Water quality for agriculture**. Tradução de Gheyi, H.R., Medeiros, J.F., Damasceno, F.A.V. v. 29 revisado 1 (FAO). Campina Grande: UFPB, 218p, 1999.
- BAME, I.B., HUGHES, J.C., TITSHALL, L.W., BUCKLEY, C.A. The effect of irrigation with anaerobic baffled reactor effluent on nutrient availability, soil properties and maize growth. **Agr. Water Manage.** 134, 50-59, 2014.
- CÁCERES, R., MAGRÍ, A., MARFÃ, O. Nitrification of leachates from manure composting under Field conditions and their use in horticulture. **Waste Manag.** 44, 72-81, 2015.
- CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Orientação para apresentação de projeto visando à aplicação de água de reuso proveniente de estação de tratamento de esgoto doméstico na agricultura**. São Paulo, 11p, 2006.
- FONTENELLE, M. N. **Tratamento de efluentes líquidos da indústria de laticínios de Minas Gerais**. 2006. 58p. Monografia (Especialização em Engenharia Sanitária e Meio Ambiente) – Escola de Engenharia, UFMG, Belo Horizonte, 2006.
- MATSUMOTO, E.M., OSAKO, M.S., PINHO, S.C., TOMMASO, G., GOMES, T.M., RIBEIRO, R. Treatment of wastewater from dairy plants using Anaerobic Sequencing Batch Reactor (ASBR) following by Aerobic Sequencing Batch Reactor (SBR) aiming the removal of organic matter and nitrification. **Water Prac. and Technol.** 7, 2012.
- NKOA, R. Agricultural benefits and environmental risks of soil fertilization with anaerobic digestates: A review. **Agron. Sustain. Dev.** 34, 473-492, 2014.
- RICHARDS, L.A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington: United States Salinity Laboratory, 1954. 160p. USDA, Agriculture Handbook 60.