

TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS DA LAVAGEM E DESPOLPA DE FRUTOS DO CAFEIEIRO EM RAMPAS CULTIVADAS COM AZEVÉM¹

MATOS, A.T.²; EMMERICH, I.N.³ e RUSSO, J.R.⁴

¹ Trabalho financiado pelo **CONSÓRCIO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO DO CAFÉ**; ² Prof. Adjunto, DEA/CCA/UFV, bolsista do CNPq, <atmatos@mail.ufv.br>; ³ Estudante de Engenharia Agrícola e Ambiental, DEA/CCA/UFV, bolsista da FAPEMIG; ⁴ Engenheiro Agrícola, DEA/CCA/UFV, bolsista da FAPEMIG.

RESUMO: O presente trabalho teve como objetivo obter as equações de decaimento de DBO, DQO, SS e potássio, presentes na água residuária da lavagem e despolpa de frutos do cafeeiro (ARC), em rampas de 5 e 15% de inclinação, cultivadas com azevém. Este experimento foi conduzido de abril a julho de 2001. As taxas de aplicação foram de $2,7 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$ nas rampas de 5% e de $0,9 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$ nas rampas de 15% de declividade, valores determinados previamente como sendo mínimos para que houvesse escoamento superficial de líquido nas rampas de tratamento. Curvas exponenciais, obtidas por análise de regressão, foram ajustadas aos dados coletados nas rampas, de metro em metro, ao longo de seu comprimento. A concentração de potássio não foi alterada com o escoamento nas rampas de tratamento, indicando possível saturação da camada superficial do solo com este nutriente. As maiores taxas de remoções foram verificadas para SS, DBO e DQO, nesta ordem. Ainda que as taxas de ARC aplicadas tenham sido diferentes, os resultados obtidos não indicaram grandes influências da declividade das rampas na capacidade do sistema em remover poluentes.

Palavras-chave: tratamento de resíduos, água residuária da lavagem e despolpa de frutos do cafeeiro, azevém.

COFFEE FRUITS WASTEWATER TREATMENT ON SLOPES CULTIVATED WITH AZEVÉM

ABSTRACT: The present work was carried out in order to obtain the decay equations of DBO, DQO, SS and potassium, presents in the coffee fruits wastewater (ARC), with treatment slopes with grades in the range of 5 to 15%, cultivated with “azevém”, during the period from April to July of 2001. The application rates were of $2,7 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$ on the 5% slopes and of $0,9 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$ on the 15% slopes. Exponential curves, obtained by regression analysis, were adjusted to the data collected in the treatment slopes, along its length. The potassium concentration was not altered with the flow over the vegetated surface, indicating possible saturation of the superficial soil layer with this nutrient. The highest rates of

the pollutants removal were verified for SS, DBO and DQO, in this order. Although the rates of applied ARC have been different, the obtained results didn't indicate great influences of the slope grade on the removal pollutants capacity of the system.

Key words: organic residues treatment, coffee fruits wastewater, Azevém.

INTRODUÇÃO

A prática da lavagem e despolpa dos frutos do cafeeiro tem sido implantada nas regiões produtoras, tendo em vista que possibilita redução nos gastos de energia com a secagem e melhoria na qualidade de bebida do café. Entretanto, a água residuária desse processo, por ser rica em material orgânico e muitos outros solutos, é altamente poluidora, exigindo-se tratamento prévio antes de sua disposição em corpos d'água (MATOS et al., 1999). Nos últimos anos, muita atenção tem sido dada ao problema, de forma a desenvolver meios de dispor ou tratar os resíduos gerados no processamento pós-colheita do fruto do cafeeiro, a fim de causar o mínimo de impacto ambiental.

O tratamento de águas residuárias por escoamento sobre o solo tem sido considerado uma forma alternativa, de baixo custo e de fácil operação, no tratamento de águas residuárias ricas em material orgânico. No tratamento de águas residuárias por escoamento sobre o solo, estas são aplicadas em taxas superiores à capacidade de infiltração de solos declivosos, devendo ocorrer seu escoamento superficial até canais de coleta, posicionados ao final das rampas vegetadas. À medida que a água residuária escoar sobre o terreno, parte se evapora, uma pequena parte se infiltra, e o restante (em solos de baixa permeabilidade, corresponde a cerca de 50 a 60 % do total aplicado) é coletado em canais (BRAILE e CAVALCANTI, 1979). Durante o percurso, há depuração das águas residuárias por ação microbiológica, adsorção pelo solo e absorção pelas plantas. A depuração é decorrente da interceptação dos sólidos em suspensão pelas plantas e pelo próprio solo e da oxidação da matéria orgânica promovida por bactérias que se estabelecem no colo das plantas e no próprio solo.

Segundo CORAUCCI FILHO (1991), a aplicação da água residuária no solo pode ser feita por aspersores de média alta pressão ou por tubos perfurados (na maioria dos casos, por tubos janelados), devendo a superfície do solo para escoamento da água residuária ser plana e uniforme, com declividade variando de 2 a 8%. A taxa de água residuária a ser aplicada deve variar conforme as características que estas apresentem. Para efluentes da indústria alimentícia e esgoto doméstico bruto, este valor está compreendido entre 1 e 2 cm dia⁻¹; esgotos domésticos que receberam tratamento primário e secundário

podem ser aplicados em taxas entre 1,5 e 3,0 cm dia⁻¹ e 1,5 e 6,0 cm dia⁻¹, respectivamente (SMITH, 1982). O EPA (1981) recomenda o uso de taxas de aplicação de 0,03 a 0,24 m³ h⁻¹.m⁻¹.

No escoamento de águas residuárias sobre o solo, a vegetação é fundamental na remoção dos nutrientes do solo, evitando seu acúmulo e a conseqüente salinização e/ou a contaminação das águas subterrâneas. O desenvolvimento de películas biologicamente ativas no colo das plantas é o condicionante básico para que se obtenha a degradação do material orgânico aplicado. A cultura ideal para ser cultivada em rampas de tratamento deve ser perene, tolerante às condições de baixa oxigenação e elevada salinidade em nível radicular, de elevada capacidade de extração de nutrientes e pouco suscetível às pragas e doenças.

O escoamento de águas residuárias sobre gramados tem sido utilizado há vários anos como tratamento secundário de esgotos municipais na Austrália, obtendo-se redução de cerca de 95% na quantidade de sólidos em suspensão e na DBO e remoções entre 70-90% e 50-60% nos teores de nitrogênio e fósforo, respectivamente (BRAILE e CAVALCANTI, 1979). No Brasil, só recentemente o seu emprego tem ocorrido com aplicações de águas residuárias de indústrias de citros, açucareira e outras no solo. CORAUCCI FILHO e FIGUEIREDO (1995) obtiveram eficiência maior que 80% na remoção da DBO de águas residuárias de indústria de laticínios, tratadas por escoamento sobre o solo.

ABERNATHY et al. (1985) e SMITH e SCHROEDER (1985) observaram grande diferença nas taxas de remoção da DBO de esgoto doméstico, ao longo da rampa de escoamento. A maior remoção da DBO ocorreu nos primeiros 5 a 7 m da rampa, enquanto no restante do comprimento da rampa a taxa de remoção diminuiu consideravelmente. Por esta razão, estes autores sugerem que a equação matemática representativa do fenômeno seja uma exponencial decrescente. Com as equações matemáticas obtidas, pode-se determinar, para uma determinada taxa de aplicação (carga hidráulica), o comprimento mínimo das rampas para obtenção de uma definida eficiência de tratamento.

O objetivo deste trabalho foi determinar as equações empíricas para estimativa de remoção da demanda bioquímica de oxigênio, demanda química de oxigênio, sólidos em suspensão e potássio e em rampas de tratamento com declividades de 5 e 15%, cultivadas com azevém.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Lage, Viçosa-MG, no período de abril a julho de 2001, onde foram construídas oito rampas com inclinação de 5 e 15% no terreno e dimensões de 1 m de largura e 10 m de comprimento, em área de Latossolo Vermelho-Amarelo de textura argilosa. Ao final de cada

rampa, foi feita uma trincheira, a fim de possibilitar a instalação, a 20 cm de profundidade, de calhas de captação dos efluentes escoados das rampas. Nas rampas de tratamento foi plantado o azevém, numa distância de 15 cm entre linhas, não tendo sido efetuada nenhuma adubação de plantio.

Até que as plantas de azevém atingissem uma altura média de 10 cm, foi feita irrigação, a cada dois dias, com água proveniente de curso d'água superficial da propriedade agrícola, usando-se, para isso, regadores. Quando as plantas atingiram a altura definida, iniciou-se a aplicação de água residuária da lavagem e despulpa de frutos do cafeeiro (ARC). A ARC foi armazenada em um tanque de sedimentação receptor dos efluentes do processamento dos frutos. Dos tanques de sedimentação, a ARC foi bombeada para reservatórios de 500 L, de onde, por gravidade, foi aplicada, utilizando-se condutos e tubos janelados, posicionados na parte mais alta das rampas. Nas rampas de 5%, a ARC foi aplicada numa vazão de 0,75 L/s, o que equivale a $2,7 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$. Apesar de estes valores estarem muito acima dos recomendados pelo EPA (1981) para tratamento de esgoto doméstico, em ensaios prévios, verificou-se que menores vazões não possibilitavam a ocorrência de escoamento superficial nas rampas, tendo em vista que para a aplicação de uma taxa de $250 \text{ kg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ (dentro da faixa de recomendação apresentada por LOHER (1984) para tratamento de águas residuárias agroindustriais) proporcionava pouco tempo e, conseqüentemente, pequena lâmina de aplicação de ARC nas rampas, por dia. A pequena lâmina aplicada proporcionava a secagem diária do solo e, com isso, impedia a formação do escoamento superficial nas rampas de tratamento. Nas rampas de 15%, ao contrário, como a velocidade de escoamento foi maior, proporcionou-se a formação do escoamento superficial mesmo para uma vazão de 0,25 L/s, valor equivalente a $0,9 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$. A aplicação de ARC foi feita diariamente, à exceção dos sábados, domingos e feriados, durante um mês, para que houvesse a formação do “filme” biológico e o sistema se estabilizasse. Por ocasião dos ensaios preliminares, verificou-se que uma das rampas de 5% apresentava um “sumidouro” de água, impedindo que a água aplicada no topo das rampas atingisse o seu final, razão pela qual essa parcela experimental foi eliminada.

Após decorrido um mês de aplicação da ARC nas rampas de tratamento, amostras do líquido em escoamento foram coletadas, de metro em metro, ao longo do comprimento da rampa sobre a superfície do solo, à exceção do final das rampas, onde o líquido foi coletado nas calhas de captação, posicionadas a 20 cm da superfície do solo.

Amostra da ARC afluente, coletada por ocasião de sua aplicação nas rampas e analisada no Laboratório de Qualidade da Água do Departamento de Engenharia Agrícola da UFV, seguindo-se recomendações de APHA (1995), apresentou as seguintes características médias: 320 mg.L^{-1} de potássio total (digestão nítrico-perclórico e determinação em fotômetro de chama), 1.974 mg.L^{-1} de Demanda

Bioquímica de Oxigênio-DBO (método iodométrico), 3.020 mg.L⁻¹ de Demanda Química de Oxigênio-DQO (método do refluxo) e 700 mg.L⁻¹ de sólidos suspensos (SS).

Valores obtidos para os parâmetros analisados foram transformados em concentração relativa (C/C_0), com os valores médios encontrados submetidos à análise de regressão não-linear, ajustando-se, utilizando o pacote estatístico “Statística for Windows” para obtenção das equações, segundo o modelo predefinido por SMITH e SCHROEDER (1985):

$$C/C_0 = A.e^{(B.Z)} \quad (\text{Eq. 1})$$

em que

C - valor da DBO na distância Z (mg L⁻¹);

Co - valor da DBO inicial (Z = 0), (mg L⁻¹);

A - coeficiente determinado experimentalmente;

B - coeficiente determinado experimentalmente;

Z - distância percorrida pelo efluente na rampa (m).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após o ajuste das equações de decaimento da DQO, DBO, SS e potássio, cujos coeficientes estão apresentados no Quadro 1, pode-se verificar, avaliando-se os valores obtidos para a constante B, que indica a taxa de decaimento do parâmetro analisado com a distância de escoamento na rampa, que a DQO apresentou as menores taxas de decaimento (maiores valores de B), seguida da DBO e dos sólidos em suspensão (SS), nas duas declividades avaliadas. Os baixos coeficientes de determinação (R^2) encontrados, principalmente para as equações de DQO, indicam forte instabilidade desse parâmetro no líquido em escoamento, talvez em função de uma possível alteração no potencial redox do solo ao longo do comprimento da rampa. Maiores taxas de decaimento ou remoção foram obtidas para DBO e, principalmente, SS.

CORAUCCI FILHO (1991), trabalhando com taxas de aplicação entre 0,15 e 0,30 m³.h⁻¹.m⁻¹ de esgoto doméstico bruto, dispostos em rampas de 6% de declividade, cultivadas com grama Batatais, encontrou valores de taxas de decaimento de -0,091 a -0,185, para os primeiros 5 m da rampa, e de -0,028 a -0,042. Os valores encontrados neste trabalho estão acima dos obtidos por este autor nos primeiros 5 m

de rampa, evidenciando maior dificuldade de remoção de DBO da ARC do que do esgoto bruto, o que confirma observações de MATOS e GOMES FILHO (2000). As taxas de decaimento da DBO obtidas neste trabalho estão, entretanto, dentro da faixa de valores obtidos por aquele autor para o restante do comprimento das rampas.

Calculando-se, com uso das equações obtidas, o comprimento de rampa para que, nas taxas de aplicação avaliadas, se obtivesse uma remoção média de 85% na DBO, para atendimento da legislação ambiental vigente no Estado de Minas Gerais (VON SPERLING, 1996), foram encontrados os valores de 50,6 e 47,1 m; para inclinações de 5 e 15%, respectivamente. Utilizando-se o mesmo critério adotado para DBO, foram obtidos os comprimentos de 32,1 e 25,3 m para remoção de 85% de SS.

Quadro 1 - Coeficientes das curvas de decaimento, determinados para duas declividades de rampas cultivadas com azevém, para tratamento de águas residuárias da lavagem e despolpa de frutos do cafeeiro

Variável	Declividade das rampas	Coeficientes da equação		R ²
DBO	5%	A	0,9431	0,56
		B	-0,0363	
DBO	15%	A	0,9229	0,82
		B	-0,0383	
DQO	5%	A	0,9662	0,54
		B	-0,0099	
DQO	15%	A	0,9600	0,59
		B	-0,0089	
SS	5%	A	0,9383	0,71
		B	-0,0572	
SS	15%	A	1,0653	0,89
		B	-0,0776	

DQO- demanda química de oxigênio; DBO – demanda bioquímica de oxigênio; SS – sólidos em suspensão; A e B - constantes de ajuste da equação.

A concentração de potássio do líquido não variou consistentemente com o escoamento superficial nas rampas de tratamento. Por ser a ARC, sabidamente, rica em potássio (MATOS et al., 1999), um nutriente que não forma complexos com o material orgânico, houve rápida saturação superficial do complexo de troca superficial com potássio. Uma vez saturado o solo com este nutriente, o potássio presente no líquido em escoamento permaneceu solúvel neste, e, dessa forma, a concentração de potássio no líquido permaneceu praticamente igual à do afluente na rampa. Com isso, pode-se afirmar que o tratamento em rampas cultivadas com azevém não proporcionou remoção de potássio de ARC.

CONCLUSÕES

Com base nos resultados encontrados, pode-se verificar que:

- A concentração de potássio na água residuária não foi alterada ao longo do comprimento da rampa cultivada com azevém, indicando estar o solo, ao menos superficialmente, saturado com este nutriente.
- As rampas de tratamento proporcionaram, para um mesmo comprimento de rampa, maior eficiência de remoção de SS e DBO do que DQO de águas residuárias da lavagem e despolpa de frutos do cafeeiro.
- Não foi verificada influência das declividades das rampas de tratamento de 5 ou 15% na capacidade do sistema em remover DBO, DQO ou SS.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABERNATHY, A.P.; ZIRSCHKY, J. & BORUP, M.B. Overland flow wastewater treatment at Easley, S.C. *Journal of Water Pollution Control Federation*. New York, 57(4): 291-299, 1985.
- APHA **Standard methods for the examination of water and wastewater**. New York: APHA, AWWA, WPCR, 19a. ed., 1995.
- BRAILE, P.M. e CAVALCANTI, J.E.W.A. **Manual de tratamento de águas residuárias industriais**. São Paulo, CETESB, 1979. 764 p.
- CORAUCCI FILHO, B., **Tratamento de esgotos domésticos no solo pelo método do escoamento superficial**. São Paulo, USP, 1991. 400 p. (Tese de Doutorado)
- CORAUCCI FILHO, B.; FIGUEIREDO, R.F. Tratamento de efluentes de laticínios no solo pelo método do escoamento superficial. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 24, Viçosa, 1995. **Anais....** Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1995. p. 459.
- EPA Process Design manual for land treatment of municipal wastewater. Cincinnati, U.S. Environmental Protection Agency. 1981 s.n.p.
- LOEHR, R. **Pollution control for agriculture**. Orlando: Academic Press. 1984. 464 p.
- MATOS, A.T.; PINTO, A.B.; BORGES, J.D. Caracterização das águas residuárias da lavagem e despolpa de frutos do cafeeiro e possibilidades de seu uso na fertirrigação. In: III SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE BIOTECNOLOGIA NA AGROINDÚSTRIA CAFEEIRA, 1999, Londrina-PR. **Anais** Londrina: UFPR, IAPAR, IRD, 1999. p. 395-396.
- MATOS, A.T.; GOMES FILHO, R.R. Cinética da degradação do material orgânico de águas residuárias da lavagem e despolpa de frutos do cafeeiro. In: III SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE BIOTECNOLOGIA NA AGROINDÚSTRIA CAFEEIRA, 2000, Poços de Caldas-MG, **Anais**, Brasília:Embrapa Café, 2000. p. 992-995.

SMITH, R.G. **The overland flow process.** Environmental Progress University of California, Davis, California. 1982. p. 195-205. (Separata)

SMITH, R.G. & SCHROEDER, E.D. Field studies of overland flow process for the treatment of raw and primary treated municipal wastewater. *Journal of Water Pollution Control Federation*, 57(7): 785-794, 1985.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** Belo Horizonte: DESA/UFGM, 1996. 243 p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias; v.1)