



XXII CONGRESSO
BRASILEIRO DE
ENGENHARIA QUÍMICA
23 a 26 de Setembro de 2018
Hotel Maksoud Plaza
São Paulo – SP



XVII ENCONTRO BRASILEIRO
SOBRE O ENSINO DE
ENGENHARIA QUÍMICA
27 a 28 de Setembro de 2018
USP
São Paulo – SP

TRATAMENTO ANAERÓBIO PARA REMOÇÃO DE MATÉRIA ORGÂNICA E SURFACTANTES ANIÔNICOS DO EFLUENTE GERADO NA LAVAGEM DE GARRAFAS PET DESTINADAS À RECICLAGEM

BRAZ L.M.¹, RODRIGUEZ R.P.², SANCINETTI G.P.³

^{1,2,3} Universidade Federal de Alfenas, Campus Poços de Caldas, Instituto de Ciência e Tecnologia

E-mail para contato: giselle.sancinetti@unifal-mg.edu.br

RESUMO – O presente trabalho teve como objetivo principal a avaliação da remoção simultânea de matéria orgânica e surfactantes aniônicos (SA) por meio de tratamento anaeróbico da Água Residuária proveniente da Lavagem de garrafas PET (ARLP) destinadas à reciclagem em Reator Anaeróbico de Leito Fluidificado (RALF). O tempo de detenção hidráulica foi de 24h e temperatura de 33 °C. A alimentação do reator foi feita aumentando-se progressivamente e simultaneamente a concentração de DQO e de SA no decorrer do tempo de operação. Os resultados obtidos indicaram boa taxa de remoção de DQO em todas as fases operacionais, alcançando remoção de até 90,1±2%, já a remoção de surfactantes teve seu desempenho diminuído com o aumento da concentração de matéria orgânica e tensoativos aplicadas, obtendo remoção máxima de 64,09±3%.

1. INTRODUÇÃO

A busca por tecnologias de produção renováveis e que proporcionem um desenvolvimento sustentável está cada vez mais intensa. Neste contexto destaca-se a reciclagem, no entanto, alguns processos de reciclagem podem também gerar efluente líquido, como é o caso da reciclagem de garrafas PET, a qual necessita ter seu efluente líquido corretamente tratado para, então, ser descartado sem prejuízos ao meio ambiente (Guelbert, 2007). O Brasil ocupa o 2º lugar mundial na reciclagem de PET, ficando atrás somente do Japão, portanto, fica evidente a necessidade de pesquisas para o tratamento deste efluente (ABIPET, 2010). Devido à adição de produtos de limpeza e agentes surfactantes para a higienização das garrafas PET destinadas à reciclagem, a água residuária de lavagem possui composição complexa e nociva ao meio ambiente. As concentrações de dois dos seus constituintes se destacam, sendo elas a de matéria orgânica, DQO~30000 mg.L⁻¹, e surfactantes aniônicos, SA~120 mg.L⁻¹ (Braz, 2018). As altas concentrações de DQO são devidas à presença de material orgânico, enquanto as de surfactantes são advindas da adição dos produtos de limpeza na água de lavagem, o que os tornam difíceis de serem tratados (Hamza, 2016). O reator anaeróbico de leito fluidificado (RALF) possui capacidade de tratar substâncias mais dificilmente biodegradáveis, como por exemplo, os surfactantes (Hickey; Owens, 1981).



XXII CONGRESSO
BRASILEIRO DE
ENGENHARIA QUÍMICA
23 a 26 de Setembro de 2018
Hotel Maksoud Plaza
São Paulo – SP



XVII ENCONTRO BRASILEIRO
SOBRE O ENSINO DE
ENGENHARIA QUÍMICA
27 a 28 de Setembro de 2018
USP
São Paulo – SP

2. OBJETIVOS

O presente trabalho teve como objetivo principal avaliar a remoção simultânea de matéria orgânica e surfactantes da Água Residual de Lavagem das garrafas PET (ARLP) destinadas à reciclagem, utilizando-se para tal o tratamento em RALF.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Utilizou-se um RALF com volume de 2,16 L. Areia com diâmetro médio (Dm) entre $1,18 < D_m < 2,0$ mm foi utilizada como suporte para imobilização da biomassa. A vazão de alimentação utilizada foi de $60 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1}$, o TDH aplicado foi de 24 horas e a temperatura de operação foi mantida em torno de $33 \pm 2^\circ\text{C}$, utilizando-se para isso uma câmara de refrigeração na qual o reator foi colocado. A ARLP foi coletada na planta de reciclagem da empresa *M&G Fibras Brasil*, município de Poços de Caldas-MG e armazenada à 5°C até que fosse utilizada. Devido às altas concentrações de matéria orgânica carbonácea e surfactantes, a ARLP era diluída em meio nutricional, de modo que se obtivessem as concentrações previstas de DQO para cada fase operacional. A diluição foi feita baseando-se nos valores de DQO. O meio nutricional foi sintetizado de acordo com Del Nery (1987), substituindo-se a glicose pela ARLP como principal fonte de carbono. Sua composição em $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ foi de NH_2CON_2 (62,5), $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (0,5), $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (2,5), $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (0,25), $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (23,5), $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (0,04), Se O_2 (0,035), $\text{K H}_2\text{PO}_4$ (42,5), $\text{K}_2 \text{HP O}_4$ (10,85), $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ (16,7) e NaHCO_3 (1000). As condições operacionais foram subdivididas em 4 fases, sendo elas, Fase I: DQO-1000 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ e SA- 6 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$, Fase II: DQO-2000 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ e SA-15 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$, Fase III: DQO-3000 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ e SA- 30 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ e Fase IV: DQO-4000 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ e SA- 45 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$. O período de duração de cada uma das fases foi de 40, 32, 35 e 30 dias, respectivamente. A operação do RALF foi monitorada por meio de análises físico-químicas de pH, DQO, alcalinidade, Ácidos Voláteis Totais (AVT) e Substâncias Ativas em Azul de Metileno, realizadas três vezes na semana e, em duplicata. As análises foram realizadas de acordo com as metodologias propostas por Apha 5220, Ripley (1986), Dilallo (1961) e Jurado (2006), respectivamente.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta a variação da porcentagem de remoção da DQO e SA, no decorrer da operação do reator. Tratando-se da remoção de matéria orgânica, na etapa I atingiu-se $82 \pm 3\%$ de remoção de DQO, enquanto na II obteve-se $84,78 \pm 4$. Na terceira e quarta etapas, percebeu-se redução considerável na remoção de DQO, na qual a eficiência do RALF foi de $84,78 \pm 4\%$ (Fase II) para $74,06 \pm 6\%$ (Fase III) e posteriormente $64,06 \pm 8\%$ (Fase IV). Contudo, ao analisar a carga orgânica removida, nota-se tendência de aumento progressivo de remoção de DQO, a qual passou de $1675,32 \pm 149 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ durante a etapa II para $2032,52 \pm 334 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ na Fase III e $2594,77 \pm 428 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ na Fase IV. Tal tendência pôde ser observada durante toda a operação do reator. Assim, pode-se afirmar que o aumento gradual da concentração de surfactantes aniônicos ($6\text{-}45 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$) não inibiu os microrganismos responsáveis pela remoção da matéria orgânica.

Com relação à remoção dos SA durante a operação do RALF, na Fase I a remoção obtida foi de $51,13 \pm 13\%$, seguida de $45,51 \pm 5\%$ para a Fase II, $19,01 \pm 19\%$ para a Fase III e $18,08 \pm 20\%$ para a fase final (IV), observando-se a diminuição contínua da remoção com o

decorrer das fases operacionais. A carga removida de SA apresentou grande variação no decorrer da operação, passando de $2,30 \pm 0,53 \text{ mg.L}^{-1}.\text{d}^{-1}$ (Fase I) para $6,12 \pm 0,87 \text{ mg.L}^{-1}.\text{d}^{-1}$ na Fase II, $4,49 \pm 4,03 \text{ mg.L}^{-1}.\text{d}^{-1}$ na Fase III e $6,55 \pm 6,40 \text{ mg.L}^{-1}.\text{d}^{-1}$ na Fase IV, mostrando uma oscilação considerável nas últimas duas fases de operação, o que pode ser notado pelos altos desvios padrão nos valores médios das Fases III e IV.

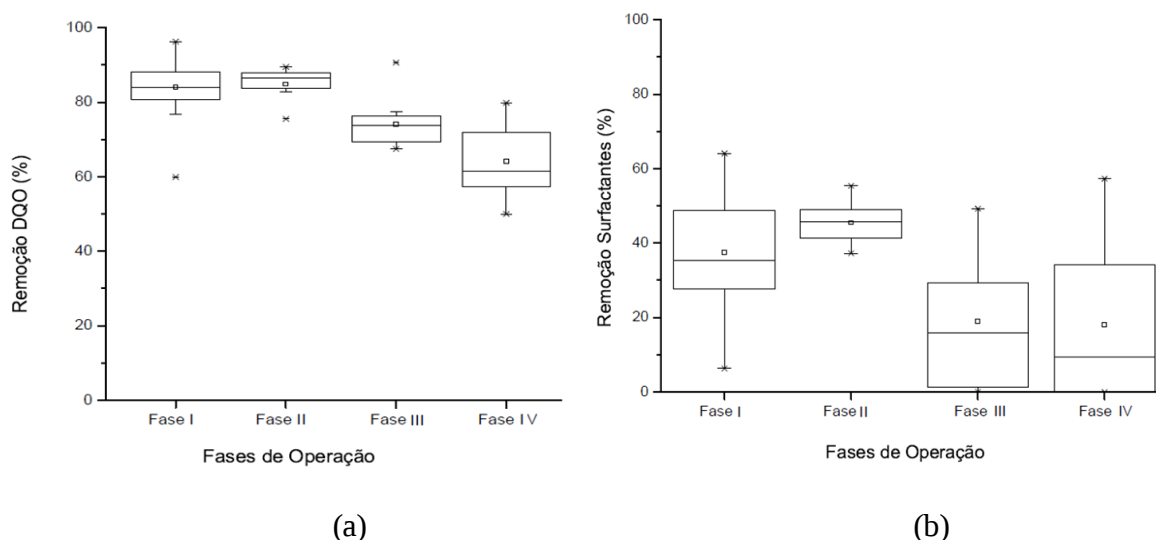


Figura 1- Eficiências de remoção de DQO (a) e surfactantes aniônicos (b) durante as fases de operação do reator.

Carosia (2011) estudou a degradação de detergente de uso doméstico em reator anaeróbico de leite fluidificado e obteve remoção de 47,6% de LAS para concentração afluenta de $14,4 \text{ mg.L}^{-1}$, resultado semelhante a deste estudo, no qual foi alcançado $45,51 \pm 5\%$ de remoção de SA para concentração afluenta de 15 mg.L^{-1} . Ainda segunda a autora, foi constatado que a presença do detergente não interferiu na boa remoção de DQO do reator, 85,8% para 607 mg.L^{-1} de DQO afluenta. Resultado semelhante ao do trabalho, visto que a remoção média de DQO no RALF permaneceu alta, em torno de $83,34\% \pm 6,48$ para o período operado, mesmo não apresentando alta média de remoção dos SA durante este mesmo tempo ($33,4\% \pm 14,07$). Uma hipótese para a obtenção deste resultado é o fato de os compostos orgânicos carbonáceos apresentarem maior biodegradabilidade quando comparados aos surfactantes aniônicos. Logo, quanto maior a disponibilidade de compostos mais facilmente assimiláveis pela comunidade bacteriana do reator, menor a quantidade de surfactantes biodegradados no processo. Isso explica os baixos pontos de remoção de tensoativos nas condições de maior concentração de DQO (Fase V- DQO: 3000 mg.L^{-1} e SA 30 mg.L^{-1} ; Fase VI- DQO: 4000 mg.L^{-1} e SA: 45 mg.L^{-1}), em que foi verificado aumento na carga orgânica removida não acompanhado do aumento de carga de surfactantes removida.

No que diz respeito ao monitoramento do pH, alcalinidade total e AVT, notou-se aumento da alcalinidade efluente e AVT afluenta e efluente com o aumento da carga de DQO, enquanto o pH afluenta teve uma leve diminuição, permanecendo constante o pH efluente. Os valores médios efluentes durante a operação foram de pH $8,8 \pm 0,3$, $119,85 \pm 9 \text{ mg.L}^{-1}$ de alcalinidade total e $185,82 \pm 23 \text{ mg.L}^{-1}$ para os AVT.

5. CONCLUSÕES



XXII CONGRESSO
BRASILEIRO DE
ENGENHARIA QUÍMICA
23 a 26 de Setembro de 2018
Hotel Maksoud Plaza
São Paulo – SP



XVII ENCONTRO BRASILEIRO
SOBRE O ENSINO DE
ENGENHARIA QUÍMICA
27 a 28 de Setembro de 2018
USP
São Paulo – SP

O RALF permaneceu eficiente na remoção de matéria orgânica, mesmo com a concentração de DQO e surfactantes aniônicos aumentada progressivamente, indicando ser uma alternativa viável para o tratamento da ARLP.

6. AGRADECIMENTOS

À FAPEMIG pelo financiamento da bolsa de mestrado e pelo financiamento do projeto (APQ-02813-16).

7. REFERÊNCIAS

Associação Brasileira da Indústria do PET. (ABIPET). Reciclagem de Embalagens PET. 2010. <http://www.abipet.org.br/index.html?method=mostrarIntitucional&id=69> .

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. (APHA). *Standard Methods for the examination for water and wastewater*. 22th ed. New York, 2012.

BRAZ, L.M. Tratamento anaeróbio da água residuária proveniente da lavagem de garrafas PET destinadas à reciclagem. 2018. 72 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia Ambiental)- Instituto de Ciência e Tecnologia, Universidade Federal de Alfenas, UNIFAL, Poços de Caldas, 2018.

CAROSIA, M.F. Caracterização microbiológica e degradação de detergente de uso doméstico em reator anaeróbio de leito fluidificado. 2011.90 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica e Saneamento)- Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, USP, São Carlos, 2011.

DEL NERY, V. Utilização de lodo anaeróbio imobilizado em gel no estudo de partida de reatores de fluxo ascendente com manta de lodo. 1987. 214 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica e Saneamento)- Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, USP, São Carlos, 1987.

DILALLO, R.; ALBERTSON, O. R. Volatile acids by Direct Titration. *J. Pol. Cont. Fed*, v. 23, n. 4, p. 356-365, 1961.

GUELBERT, T. F. et al. A embalagem PET e a reciclagem: uma visão econômica e sustentável para o planeta. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 27., 2007, Foz do Iguaçu. *Anais...* Foz do Iguaçu, 2007.

HAMZA, R. A.; IORHEMEN, O. T.; TAY, J. H. Occurrence, impacts and removal of emerging substances of concern from wastewater. *Environ. Tech. Innov.*, p. 161-175, 2016.

HYCKEY, R.F.; OWENS, R.W. Methane generation from thigh-strenght industrial wastes with the anaerobic biological fluidized bed. *Biotech. Bioeng*, v. 23, p. 399-413, 1981.

JURADO, E. et al. Simplified spectrophotometric method using methylene blue for determining anionic surfactants: Applications to the study of primary biodegradation in aerobic screening tests. *Chem.*, v. 65, p. 278-285, 2006.

RIPLEY, L. E.; BOYLE, W. C.; CONVERSE, J.C. Improved Alkalimetric Monitoring for Anaerobic Digester of High-Strength Wastes. *J. Wat. Poll. Cont. Fed.*, v. 58, n.5, p.406-411, 1986.