



DESEMPENHO DE UM AnSBBR OPERADO SOB CARGA ORGÂNICA VOLUMÉTRICA DE 2 gDQO/L.d PARA O TRATAMENTO DE SORO DE QUEIJO EM FUNÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE SAIS

R. A. BEZERRA JUNIOR¹, C. S. A. CANTO², L. V. F. SILVA¹ e L. M. SILVA¹

¹ Centro Universitário Fundação Santo André, Faculdade de Engenharia Eng. Celso Daniel

² Universidade Estadual da Paraíba

E-mail para contato: robertobezerrajr@yahoo.com.br

RESUMO – O Reator Anaeróbico Operado em Batelada Sequencial e Contendo Biomassa Imobilizada (AnSBBR – Anaerobic Sequencing Batch Biofilm Reactor), quando utilizado para tratamento de soro de queijo, tem mostrado diferentes desempenhos em função da concentração de sais no meio. Assim, o presente trabalho teve como objetivo principal a avaliação da influência da suplementação de sais sobre a eficiência e a estabilidade do reator para o tratamento de soro de queijo, sob carga orgânica volumétrica de 2,0 gDQO/L.d. Os resultados mostraram um aumento nos valores de eficiência de remoção de matéria orgânica e carga orgânica removida com o aumento da concentração de sais no afluente do reator. Além disso, o aumento da concentração de sais no meio também resultou em um aumento da alcalinidade a bicarbonato no efluente do reator, concomitante a uma diminuição da concentração de ácidos voláteis totais no efluente, conferindo ao sistema uma maior estabilidade operacional.

1. INTRODUÇÃO

Devido à sua flexibilidade operacional, o reator anaeróbico operado em batelada sequencial tem sido amplamente utilizado para o tratamento de diversos tipos de efluentes (Zaiat *et al.*, 2001; Chebel *et al.*, 2006; Bezerra *et al.*, 2011; Lovato *et al.*, 2012). O referido reator pode também ser utilizado para tratamento de soro de queijo, entretanto, a altíssima biodegradabilidade, a alta carga orgânica, a deficiência de alcalinidade e a ausência de sais fazem com que o tratamento anaeróbico desse tipo de efluente, embora possível, se torne difícil (Damasceno *et al.*, 2007; Bezerra *et al.*, 2009). Por causa da elevada biodegradabilidade, o soro de queijo tende a acidificar-se rapidamente, dificultando a estabilidade do processo. Em grande parte dos casos, torna-se necessária, então, a adição de alguma fonte externa de alcalinidade, na forma de bicarbonato, carbonato ou algum hidróxido, bem como a adição de alguns sais. Além disso, a adição de sais e de fonte externa de alcalinidade não somente aumenta a capacidade tampão do meio, como também facilita a degradação anaeróbia de lipídeos presentes no soro (Omil *et al.*, 2003). Sendo assim, com a finalidade de contribuir para a resolução desses problemas de aspecto tecnológico que esse tipo de sistema ainda apresenta, como controle de alcalinidade e concentração de sais, o presente trabalho teve como objetivo principal a avaliação da influência da suplementação de sais sobre a eficiência e a estabilidade de um reator anaeróbico operado em batelada sequencial e contendo biomassa

imobilizada, para o tratamento de soro de queijo, operando sob carga orgânica volumétrica de 2,0 gDQO/L.d, visando colaborar para a correta operação deste tipo de reator.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O reator utilizado neste trabalho foi constituído por um frasco de acrílico, cilíndrico, de 150 mm de diâmetro e 155 mm de altura, com capacidade total nominal de 2,0 L. A mistura do meio reacional foi promovida por agitador magnético (Marconi, modelo MA 085). Para manter sua temperatura aproximadamente constante, o reator foi colocado numa incubadora (Marconi, modelo MA 415/S) e mantido a 30 ± 1 °C. A concentração de matéria orgânica no afluente foi de, aproximadamente, 2,0 gDQO/L, o que correspondeu a uma carga orgânica volumétrica de 2,0 gDQO/L.d. O tempo de ciclo foi de 24 horas, e o volume de soro de queijo tratado a cada ciclo foi de 1,3 L. Como suporte de imobilização da biomassa, foi utilizada espuma de poliuretano na forma de cubos de 1,0 cm de aresta. As biopartículas foram confinadas em um cesto de plástico perfurado de 110 mm de altura, possuindo diâmetro de 140 mm. As partes laterais do cilindro interno, superior e inferior do cesto continham uma tela de modo a confinar o suporte contendo a biomassa imobilizada, utilizando a própria parede do reator como limite externo do cesto, não necessitando, assim, de tela. O inóculo foi proveniente de reator anaeróbio de manta de lodo e escoamento ascendente, tratando efluente de abatedouro de aves. A água residuária sintética foi preparada dissolvendo-se soro de queijo desidratado em água de torneira, sendo que, experimentalmente, 1 g de soro desidratado correspondeu à, aproximadamente, 1 g de DQO. Além de soro de queijo, o afluente do reator foi suplementado com bicarbonato de sódio, na razão de uma grama de bicarbonato de sódio para cada grama de DQO alimentada ao reator e, em algumas condições operacionais, suplementado com alguns sais. O estudo da influência da suplementação de sais sobre a eficiência e a estabilidade do processo foi realizado operando-se o reator com concentrações crescentes de sais no afluente. Ao todo foram estudadas quatro condições operacionais. Na primeira condição operacional, o afluente foi composto apenas por soro de queijo e bicarbonato de sódio. Nas condições operacionais seguintes, variou-se a concentração de sais no afluente, mantendo-se a mesma concentração de soro de queijo e bicarbonato de sódio. Na Tabela 1 é apresentado os valores da concentração de cada sal utilizado nas quatro condições operacionais investigadas. As variáveis monitoradas durante a operação do reator foram: concentração de matéria orgânica para amostras não filtradas (C_{ST}) e filtradas (C_{SF}), eficiência de remoção de matéria orgânica para amostras não filtradas (E_{ST}) e filtradas (E_{SF}), alcalinidade a bicarbonato (AB), concentração de ácidos voláteis totais (AVT), sólidos totais (ST), sólidos totais voláteis (STV), sólidos suspensos totais (SST), sólidos suspensos voláteis (SSV), e carga orgânica removida para amostras não filtradas (COR_{ST}) e filtradas (COR_{SF}), além da medida do pH e do volume de meio descarregado. As análises foram realizadas de acordo com o Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (1995). Ao final de cada condição, foram retiradas do reator amostras de biopartículas para (1) análise microbiológica, a qual foi realizada por microscopia óptica comum e de contraste de fase por fluorescência, utilizando microscópio Olympus® modelo BX41, e para (2) a análise das concentrações de sólidos totais (S_{ST}) e sólidos totais voláteis (S_{STV}) presentes no reator, podendo-se ter, assim, uma estimativa da concentração de biomassa no reator, na forma de miligramas de sólidos por grama de espuma seca (mg sólidos/g espuma seca), e na forma de gramas de sólidos por litro de meio reacional no reator (g sólidos/L meio reacional).

Tabela 1 – Concentração de cada sal no afluente do reator para cada condição estudada

Condição	NaCl (mg/L)	CaCl ₂ .2H ₂ O (mg/L)	MgCl ₂ .6H ₂ O (mg/L)
I	-	-	-
II	76,0	1,35	2,10
III	152	2,70	4,20
IV	228	4,05	6,30

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 apresenta os valores médios das variáveis monitoradas para as quatro condições operacionais estudadas. Os tempos de operação da primeira, segunda, terceira e quarta condição operacional foram de 26, 25, 25 e 28 dias, respectivamente, totalizando um período de 104 dias de operação. As Figuras 1, 2 e 3 ilustram, respectivamente, os valores de concentração de matéria orgânica no efluente, eficiência de remoção de matéria orgânica, e carga orgânica removida, ao longo de todo o período de operação do reator. Em geral, foi verificado uma queda nos valores de concentração de matéria orgânica no efluente a medida em que aumentou-se a suplementação de sais, os quais permaneceram em torno de 586, 565, 533 e 476 mgDQO/L, para amostras não filtradas do efluente, e 484, 464, 404 e 362 mgDQO/L, para amostras filtradas do efluente, para a primeira, segunda, terceira e quarta condição operacional, respectivamente, os quais corresponderam a valores de eficiências de remoção de matéria orgânica para amostras não filtradas do efluente de 71, 72, 74 e 76 %, e 76, 77, 80 e 82 % para amostras filtradas do efluente, para a primeira, segunda, terceira e quarta condição operacional, respectivamente. É interessante ressaltar que estes resultados, obtidos para carga orgânica volumétrica de 2,0 gDQO/L.d, seguiram a mesma tendência daqueles obtidos por Bezerra *et al.* (2015), com uma carga menor (1,0 gDQO/L.d), em que o aumento da concentração de sais no meio resultou em aumento da eficiência do reator. Por sua vez, para carga orgânica volumétrica de 0,5 gDQO/L.d, aplicada no trabalho de Bezerra *et al.* (2014), foi verificado que apenas a presença, e não a quantidade de sais no meio, colaboraram para um aumento na eficiência do reator.

O aumento da concentração de sais no afluente também colaborou para aumentar os valores médios de alcalinidade a bicarbonato no efluente, os quais apresentaram-se em torno de 983, 1048, 1241 e 1295 mgCaCO₃/L; bem como colaborou para minimizar a concentração de ácidos voláteis totais no efluente do reator, os quais permaneceram em torno de 112, 98, 86 e 76 mgHAc/L, para a primeira, segunda, terceira e quarta condição operacional, respectivamente. Quanto aos valores de carga orgânica removida, estes seguiram a mesma tendência dos valores de eficiência de remoção de matéria orgânica, ou seja, apresentaram um aumento a medida em que a suplementação de sais no afluente aumentou, permanecendo em torno de 1450, 1472, 1504 e 1560 mgDQO/L.d, para amostras não filtradas do efluente, e 1553, 1573, 1633 e 1674 mgDQO/L.d, para amostras filtradas do efluente, para a primeira, segunda, terceira e quarta condição operacional, respectivamente. Estes resultados mostram um aumento do desempenho do reator não somente do ponto de vista qualitativo, como também quantitativo, quando do aumento da concentração de sais no meio. Os exames microbiológicos indicaram que, nas quatro condições estudadas, as principais morfologias presentes na biomassa do reator foram células semelhantes a bacilos, bacilos curvos, víbrios, e morfologias semelhantes ao gênero *Methanosaeta* sp e *Methanosarcina* sp.

Tabela 2 – Valores médios das variáveis monitoradas para as quatro condições estudadas*

Variável	Afluente	Efluente			
		Condição I	Condição II	Condição III	Condição IV
C_{ST} (mgDQO/L)	$2037 \pm 37^{(65)}$	$586 \pm 10^{(15)}$	$565 \pm 11^{(16)}$	$533 \pm 12^{(16)}$	$476 \pm 13^{(16)}$
ϵ_{ST} (%)	-	$71 \pm 1^{(15)}$	$72 \pm 1^{(16)}$	$74 \pm 1^{(16)}$	$76 \pm 1^{(16)}$
C_{SF} (mgDQO/L)	-	$484 \pm 11^{(15)}$	$464 \pm 11^{(16)}$	$404 \pm 11^{(16)}$	$362 \pm 13^{(16)}$
ϵ_{SF} (%)	-	$76 \pm 1^{(15)}$	$77 \pm 1^{(16)}$	$80 \pm 1^{(16)}$	$82 \pm 1^{(16)}$
AVT (mgHAc/L)	$95 \pm 14^{(64)}$	$112 \pm 10^{(15)}$	$98 \pm 10^{(16)}$	$86 \pm 8^{(16)}$	$76 \pm 5^{(16)}$
AB (mgCaCO ₃ /L)	$1303 \pm 48^{(64)}$	$983 \pm 9^{(15)}$	$1048 \pm 10^{(16)}$	$1241 \pm 12^{(16)}$	$1295 \pm 21^{(16)}$
pH	$8,3 \pm 0,6^{(64)}$	$7,2 \pm 0,5^{(15)}$	$7,3 \pm 0,4^{(16)}$	$7,7 \pm 0,5^{(16)}$	$7,4 \pm 0,5^{(16)}$
ST (mg/L)	$3478 \pm 234^{(16)}$	$1872 \pm 88^{(4)}$	$1758 \pm 91^{(4)}$	$1931 \pm 86^{(4)}$	$1865 \pm 99^{(4)}$
STV (mg/L)	$2056 \pm 162^{(16)}$	$690 \pm 78^{(4)}$	$745 \pm 65^{(4)}$	$769 \pm 54^{(4)}$	$678 \pm 75^{(4)}$
SST (mg/L)	$69 \pm 21^{(16)}$	$43 \pm 16^{(4)}$	$35 \pm 14^{(4)}$	$36 \pm 11^{(4)}$	$29 \pm 9^{(4)}$
SSV (mg/L)	$40 \pm 23^{(16)}$	$30 \pm 9^{(4)}$	$33 \pm 7^{(4)}$	$28 \pm 9^{(4)}$	$25 \pm 8^{(4)}$
COR_{ST} (mgDQO/L.d)	-	$1450 \pm 10^{(15)}$	$1472 \pm 11^{(16)}$	$1504 \pm 12^{(16)}$	$1560 \pm 13^{(16)}$
COR_{SF} (mgDQO/L.d)	-	$1553 \pm 11^{(15)}$	$1573 \pm 11^{(16)}$	$1633 \pm 11^{(16)}$	$1674 \pm 13^{(16)}$

*Entre parênteses têm-se o número de amostras consideradas para o cálculo da média.

Biomassa presente no reator (valor médio para as quatro condições operacionais):

$S_{ST} = 2297$ mg sólidos totais/g espuma seca; $S_{STV} = 1932$ mg sólidos totais voláteis/g espuma seca;

$S_{ST} = 41,9$ g sólidos totais/L meio reacional; $S_{STV} = 35,3$ g sólidos totais voláteis/L meio reacional;

$S_{STV}/S_{ST} = 0,84$ g sólidos totais voláteis/g sólidos totais.

Figura 1 – Concentração de matéria orgânica no efluente durante todo o período de operação.

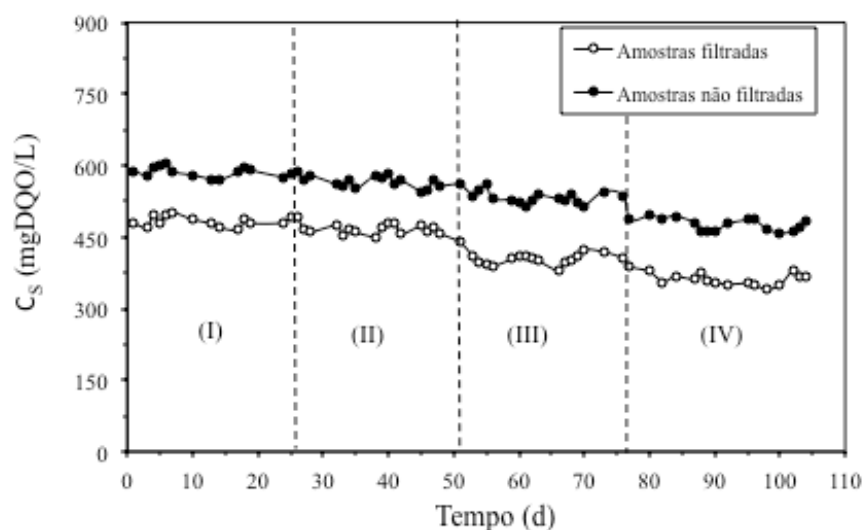




Figura 2 – Eficiência de remoção de matéria orgânica durante todo o período de operação.

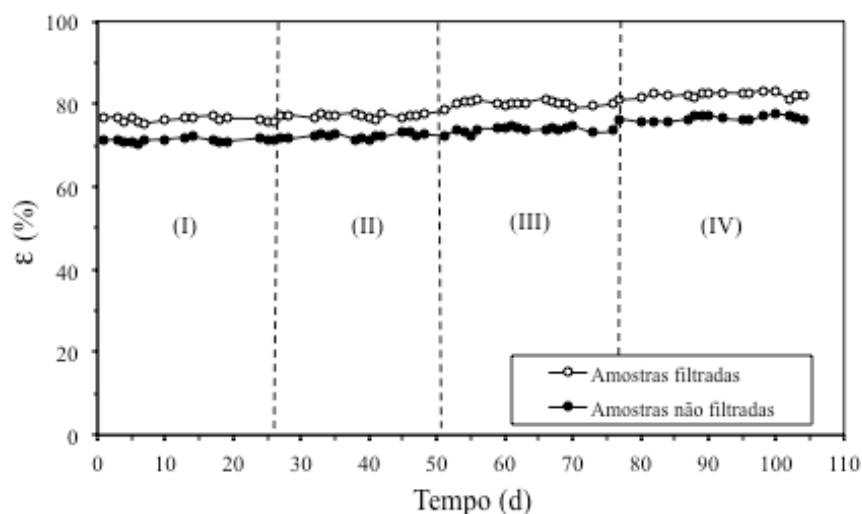
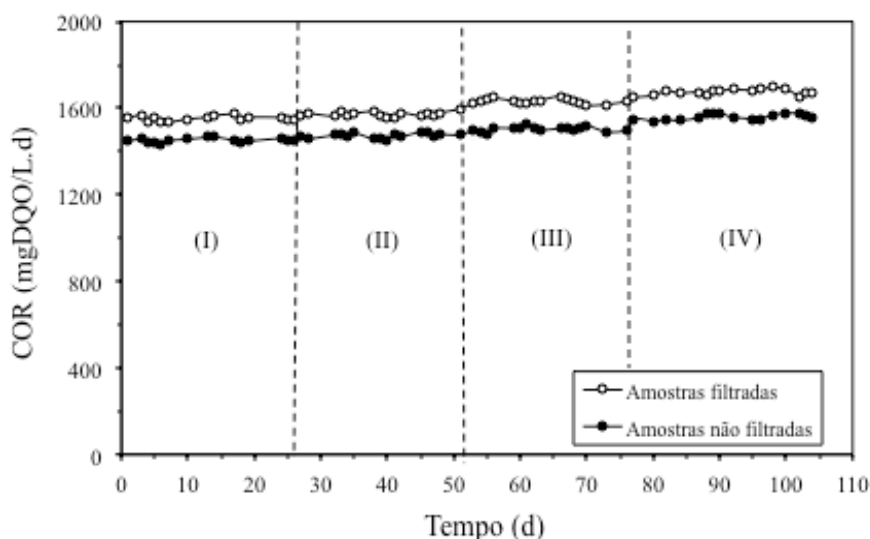


Figura 3 – Carga orgânica removida durante todo o período de operação.



4. CONCLUSÕES

O sistema respondeu bem ao aumento da suplementação de sais no afluente para carga orgânica volumétrica de 2,0 gDQO/L.d, que resultou em aumento da carga orgânica removida, aumento da eficiência de remoção de matéria orgânica, e diminuição da concentração de ácidos voláteis totais no efluente, tornando o sistema menos susceptível à desestabilizações, ou seja, conferindo maior estabilidade ao reator, e colaborando portanto para um maior autocontrole do processo anaeróbio entre a produção e o consumo de ácidos. Na prática, em um processo industrial anaeróbio de tratamento de soro de queijo, uma alternativa à adição de sais seria a suplementação, no soro, do esgoto gerado pela própria indústria, uma vez que este possui alta concentração de sais e alcalinidade, reduzindo assim os custos com aquisição de sais e, ao mesmo tempo, aumentando a eficiência do reator e realizando também o tratamento do esgoto gerado.



5. REFERÊNCIAS

- BEZERRA, R. A.; RODRIGUES, J. A. D.; RATUSZNEI, S. M.; ZAIAT, M.; FORESTI, E. Effects of feed time, organic loading and shock loads in the anaerobic whey treatment by an AnSBBR with circulation. *Applied Biochem. and Biotechnol.*, v. 157, p. 140-158, 2009.
- BEZERRA, R. A.; RODRIGUES, J. A. D.; RATUSZNEI, S. M.; CANTO, C. S. A.; ZAIAT, M. Effect of organic load on the performance and methane production of an AnSBBR treating effluent from biodiesel production. *Applied Biochem. and Biotechnol.*, v. 165(01), p. 347-368, 2011.
- BEZERRA, R. A.; FAVARI, A. A.; RODRIGUES, J. A. D. Influência da suplementação de sais sobre o desempenho de um AnSBBR para tratamento de soro de queijo. *Anais do XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química*. Florianópolis-SC, 2014.
- BEZERRA, R. A.; SIMÕES, K.; RODRIGUES, J. A. D. Tratamento de soro de queijo por AnSBBR: Influência da suplementação de sais. *Anais do XX Simpósio Nacional de Bioprocessos*. Fortaleza-CE, 2015.
- CHEBEL, F. X.; RATUSZNEI, S. M.; RODRIGUES, J. A. D.; ZAIAT, M.; FORESTI, E. Analysis of performance of an anaerobic sequential batch reactor submitted to increasing organic load with different influent concentrations and cycle lengths. *Applied Biochem. and Biotechnol.*, v. 133, p. 171-187, 2006.
- DAMASCENO, L. H. S.; RODRIGUES, J. A. D.; RATUSZNEI, S. M.; ZAIAT, M.; FORESTI, E. Effects of feeding time and organic loading in na anaerobic sequencing batch biofilm reactor (ASBBR) treating diluted whey. *Journal of Environm. Management*, v. 85(04), p. 927-935, 2007.
- LOVATO, G.; BEZERRA, R. A.; RODRIGUES, J. A. D.; RATUSZNEI, S. M.; ZAIAT, M. Effect of feed strategy on methane production and performance on an AnSBBR treating effluent from biodiesel production. *Applied Biochem. and Biotechnol.*, v. 166, p. 2007-2029, 2012.
- OMIL, F., GARRIDO, J. M.; ARROJO, B.; MÉNDEZ, R. Anaerobic filter reactor performance for the treatment of complex dairy wastewater at industrial scale. *Water Research*, v. 37, p. 4099-4108, 2003.
- STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER. APHA, AWWA, WPCF. 19th edition. *American Public Health Association*. Washington, 1995.
- ZAIAT, M.; RODRIGUES, J. A. D.; RATUSZNEI, S. M.; CAMARGO, E. F. M.; BORZANI, W. Anaerobic sequencing batch reactors for wastewater treatment: A developing technology. *Applied Microbiol. and Biotechnol.*, v. 55(01), p. 29-35, 2001.