

II-227 – AVALIAÇÃO DE ANOMALIAS DO COMPORTAMENTO HIDRODINÂMICO DE UM REATOR ANAERÓBIO-AERÓBIO DE LEIRTO FIXO OPERADO EM ESCALA DE BANCADA

Daiane Cristina de Freitas⁽¹⁾

Graduanda do Curso de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Campo Mourão.

Aldria Diana Belini⁽²⁾

Graduanda do Curso de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Campo Mourão.

Karina Querne de Carvalho Passig⁽³⁾

Engenheiro Civil pela Universidade Estadual de Maringá (UEM). Mestre e Doutor em Engenharia pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Docente do Departamento Acadêmico de Construção Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), câmpus Curitiba.

Fernando Hermes Passig⁽⁴⁾

Engenheiro Sanitarista pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Mestre e Doutor em Engenharia pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Docente do Departamento Acadêmico de Química e Biologia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), câmpus Curitiba.

Cristiane Kreutz⁽⁵⁾

Tecnóloga Ambiental pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Mestre e Doutor em Engenharia Agrícola pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Docente da Coordenação de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), câmpus Campo Mourão.

Endereço⁽¹⁾: BR 369, Km 0,5 – Campo Mourão – PR – CEP 87301-006 - Brasil - Tel: (44) 3518-1400 - e-mail: daianecris.freitas@gmail.com

RESUMO

O objetivo deste artigo foi avaliar os desvios de idealidade no comportamento hidrodinâmico de um reator combinado anaeróbio-aeróbio de leito fixo, utilizando eosina Y e azul de bromofenol como traçadores, tratando efluente bruto de matadouro bovino. Foi utilizado como meio suporte espuma de poliuretano e argila expandida. O reator foi operado em escala de bancada, com volume útil de 4,75 L e mantido a temperatura ambiente. Após o reator atingir o estado de equilíbrio dinâmico aparente para avaliar o comportamento hidrodinâmico do reator, foram realizados três ensaios de estímulo-resposta tipo pulso com TDH de 24 horas. Com a realização dos ensaios hidrodinâmicos foi possível observar que o maior atraso do TDH experimental ocorreu quando utilizado o azul de bromofenol como traçador. Pela média dos coeficientes de correlação, pode-se afirmar que o modelo teórico de N-CSTR apresentou os melhores ajustes aos dados experimentais, tanto para o traçador eosina Y como para o azul de bromofenol. Ainda foi observado picos de concentração dos traçadores, onde no ensaio 1 com eosina Y há um adiantamento, podendo ser atribuído à presença de caminhos preferenciais. Já o ensaio 3, com eosina Y, houve um atraso no TDH experimental, podendo ter sido influenciado pelo tipo de material suporte utilizado. Em todos os ensaios realizados, observa-se o efeito de cauda, decorrente do lento decaimento da concentração na saída do reator. Ainda os ensaios hidrodinâmicos realizados com eosina Y apresentaram melhor eficiência hidráulica e uma relação com a presença de zonas mortas, ou seja, quanto maior o volume de zonas mortas, menor esta eficiência.

PALAVRAS-CHAVE: Hidrodinâmicos, Efluente bovino, Traçador, Anomalia.

INTRODUÇÃO

O grande desafio da sociedade atual, com relação ao saneamento básico, é projetar sistemas de tratamento de efluentes que sejam funcionalmente simples, visando além da eficiência, uma boa relação custo/benefício, para atender ao maior número de comunidades (CASTRO, 2010).

A escolha do sistema de tratamento é função das características que o efluente apresenta, assim pode-se destacar o tratamento anaeróbio, aeróbio e combinado, cada um trazendo vantagens particulares.

Os estudos de Siegfried e Cleto (1996) apontam que os mecanismos hidrodinâmicos são fundamentais na avaliação do desempenho dos reatores biológicos, assim o conhecimento desses mecanismos é de grande importância, pois possibilita principalmente a otimização da sua geometria, permite detectar problemas operacionais e de projeto, sendo que os mais comuns são as deficiências na distribuição do afluente, podendo formar caminhos preferenciais, regiões de volumes mortos e curtos-circuitos hidráulicos.

Dentro deste contexto o objetivo deste artigo foi avaliar os desvios de idealidade no comportamento hidrodinâmico de um reator combinado anaeróbio-aeróbio de leito fixo, utilizando eosina Y e azul de bromofenol como traçadores, tratando efluente bruto de matadouro bovino.

MATERIAIS E MÉTODOS

O reator combinado anaeróbio-aeróbio de leito fixo (RCAALF) foi confeccionado em *plexiglass* com diâmetro de 0,9 m e altura de 1,0 m, volume útil de 4,75 L, compreendido por uma câmara de alimentação e um leito reacional. Argila expandida e espuma de poliuretano foram utilizadas como meio suporte para imobilização da biomassa.

Após o reator atingir o estado de equilíbrio dinâmico aparente e para avaliar o comportamento hidrodinâmico do reator, foram realizados três ensaios de estímulo-resposta, utilizando como traçador os corantes eosina Y e azul de bromofenol. Para determinação da concentração dos traçadores nas amostras do efluente do reator, foi utilizado o método colorimétrico de leitura de absorbância em espectrofotômetro Hach uv-vis, modelo DR/5000, com comprimento de onda de 516 nm para a eosina Y e 590 nm para azul de bromofenol. O tempo total de duração dos ensaios foi de três vezes o tempo de detenção hidráulico (TDH) teórico de 24 h, com intervalos de coleta do efluente de 45 min. As amostras coletadas foram centrifugadas durante 2 min a 3500 rpm para evitar interferência de sólidos na leitura das absorbâncias pelo método colorimétrico.

As curvas experimentais da variação de concentração dos traçadores ao longo do tempo ($C(t)$), foram normalizadas resultando em curvas de distribuição do tempo de residência hidráulica ($E\theta$) em função do tempo adimensional (θ). A variância ($\sigma^2\theta$) de cada ensaio foi calculada após a normalização. O ajuste das curvas experimentais foi realizado com base nos modelos teóricos uniparamétricos de dispersão de pequena intensidade (PD), de grande intensidade (GD) e de tanques em série (N-CSTR), de acordo com Levenspiel (2000).

O volume de zonas mortas foi calculado de acordo com a metodologia reportada por Peña et al. (2006), com base nos valores de TDH experimental (TDHe), obtidos a partir dos ensaios hidrodinâmicos e do volume total do reator. A presença de curtos-circuitos e a eficiência hidráulica foram calculadas de acordo com a metodologia reportada por Sarathai et al. (2010).

RESULTADOS

Na Tabela 1 são apresentados os resultados obtidos com o ajuste das curvas de distribuição do tempo de residência (DTR) pelos modelos matemáticos teóricos.

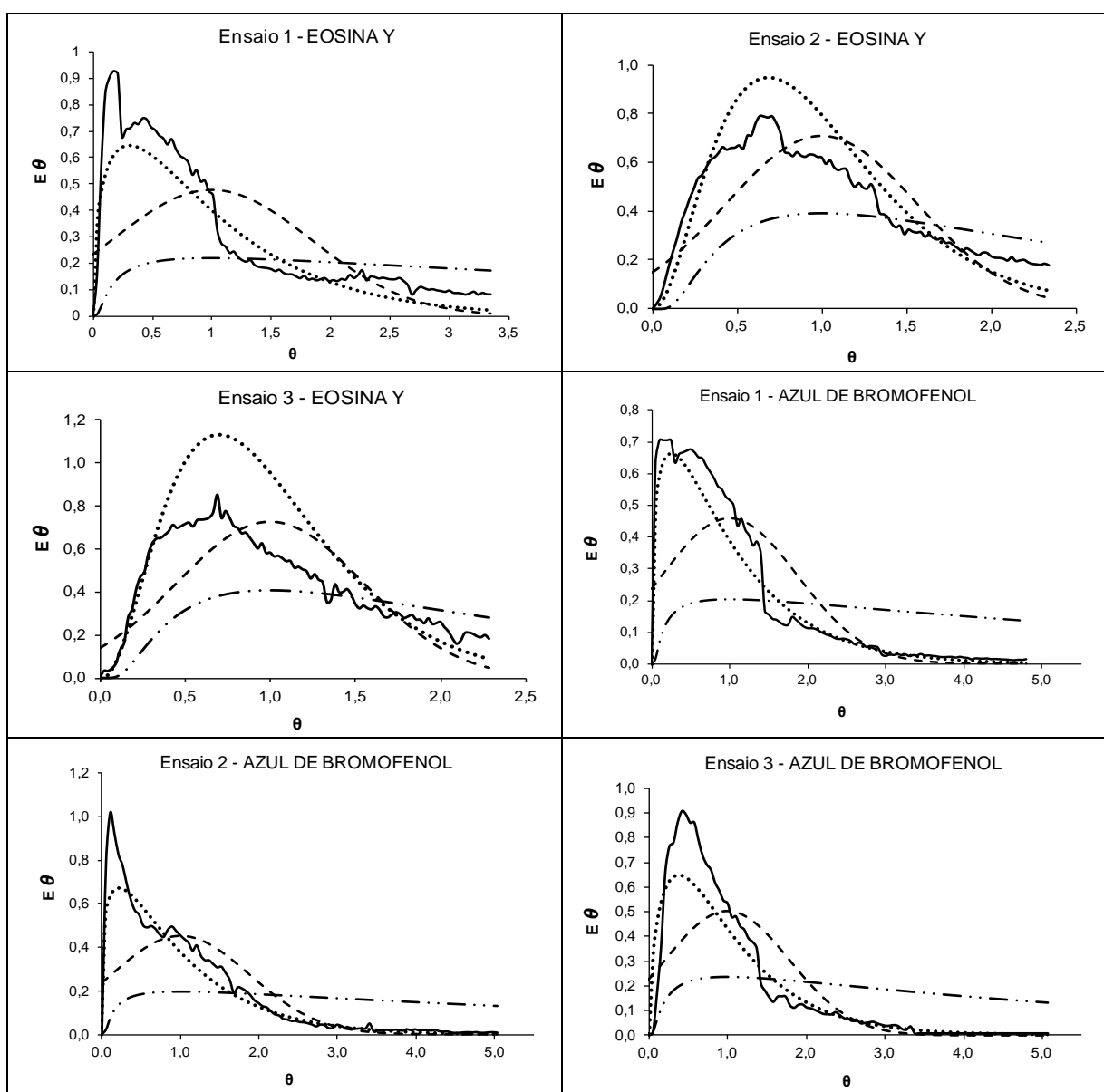
Tabela 1: Resultados dos parâmetros obtidos com o ajuste dos dados experimentais.

Traçador	Ensaio	TDH Experimental (h)	N-CSTR (N)	PD (D/uL)	GD (D/uL)	Coeficiente de correlação (r^2)		
						N-CSTR	PD	GD
Eosina Y	1	21,5	1	0,35	1,67	0,95	0,56	0,11
	2	30,4	3	0,16	0,52	0,98	0,80	0,43
	3	31,5	3	0,15	0,49	0,96	0,76	0,47
Azul de bromofenol	1	15,0	1	0,38	1,89	0,99	0,81	0,16
	2	14,3	1	0,39	1,98	0,97	0,78	0,07
	3	14,2	2	0,31	1,41	0,96	0,81	0,44

Pelos dados apresentados na Tabela 1 é possível verificar maior atraso do TDH experimental quando os ensaios hidrodinâmicos foram realizados utilizando azul de bromofenol como traçador. Os resultados médios para o modelo teórico de N reatores em série (N-CSTR) apresentou 2 e 1 reatores para os ensaios hidrodinâmicos realizados com eosina Y e azul de bromofenol, respectivamente. O modelo de pequena dispersão apresentou valores médios de 0,22 e 0,36 e o de grande dispersão os valores médios encontrados foram de 0,89 e 1,76 para o traçador eosina Y para o azul de bromofenol, respectivamente.

Pela média dos coeficientes de correlação, apresentados na Tabela 1, pode-se afirmar que o modelo teórico de N-CSTR apresentou os melhores ajustes aos dados experimentais, tanto para o traçador eosina Y como para o azul de bromofenol, seguido do modelo de pequena dispersão.

As curvas experimentais de distribuição do tempo de residência (DTR) obtidas com o ajuste de modelos teóricos uniparamétricos, utilizando corante eosina Y e azul de bromofenol como traçadores, estão graficamente representadas na Figura 1.



Legenda: — Dados experimentais N-CSTR - - - Pequena Dispersão — · · Grande Dispersão

Figura 1. Curvas experimentais de distribuição do tempo de residência.

Ao observar a Figura 1, notam-se picos de concentração dos corantes utilizados como traçadores. Para o ensaio 1 com eosina Y e para os ensaios 1, 2 e 3 com azul de bromofenol, há um adiantamento desses picos. Esse fenômeno pode ser atribuído a presença de caminhos preferenciais. Para os ensaios 2 e 3, com eosina Y, houve um atraso no TDH experimental. Esse fenômeno pode ter sido influenciado pelo tipo de material suporte utilizado, pois de acordo com Lima *et al.* (2005) e Ribeiro *et al.* (2005), a espuma de poliuretano tem apresentado desvantagem quanto ao aspecto hidrodinâmico, em função de sua capacidade de compressibilidade e de retenção de sólidos no leito, contribuindo para a origem dos problemas operacionais em reatores de leito fixo.

Em todos os ensaios realizados, observa-se o efeito de cauda. Bernardez *et al.* (2008) e Lourenço e Campos (2009) igualmente observaram o efeito de cauda longa nas curvas de resposta das suas experiências usando diversos tipos de corantes como traçadores. Os autores apontam que este efeito significa um atraso na resposta do traçador, decorrente do lento decaimento da concentração na saída do reator.

Na Tabela 2 são apresentados os resultados obtidos no cálculo do volume de zonas mortas, de curtos-circuitos hidráulicos e eficiência hidráulica, referente aos ensaios hidrodinâmicos realizados no RCAALF, operado com TDH de 24 h, utilizando como traçadores os corantes eosina Y e azul de bromofenol.

Tabela 2. Valores obtidos no cálculo das características hidrodinâmicas do RCAALF.

Traçador	Ensaio	TDH Experimental (h)	Zonas mortas (L)	Curto-circuito hidráulico	Eficiência Hidráulica (%)
Eosina Y	1	21,5	0,7	0,2	0,0
	2	30,4	-1,8	0,6	1,9
	3	31,5	-2,1	0,7	2,1
Azul de bromofenol	1	15,0	2,5	0,3	0,0
	2	14,3	2,7	0,1	0,0
	3	14,2	2,7	0,4	0,0

Os resultados apresentados na Tabela 2 indicam que os ensaios hidrodinâmicos realizados com eosina Y apresentaram melhor eficiência hidráulica e uma relação com a presença de zonas mortas, ou seja, quanto maior o volume de zonas mortas, menor esta eficiência. Conforme pode ser observado na Figura 1, para o ensaio 1 com eosina e 1, 2 e 3 com azul de bromofenol, quanto maior for o efeito de cauda longa, maior será o volume de zonas mortas. Em termos de curto-circuito hidráulico, a mesma relação pode ser considerada, em que maior é maior este efeito, maior a eficiência hidráulica do reator..

CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

Por meio da análise das curvas de distribuição do tempo de residência, concluiu-se que o comportamento hidrodinâmico do RCAALF apresentou comportamento tendendo a N-reatores de mistura completa em série. Em termos de eficiência hidráulica é possível dizer que os melhores resultados foram verificados utilizando eosina Y como traçador. Concluiu-se também que os tempos de detenção hidráulicos experimentais, quando os ensaios foram realizados com eosina Y apresentaram um atraso médio de aproximadamente 3,8 h e para o azul de bromofenol houve um adiantamento de 9,5 h.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BERNARDEZ, L. A.; ANDRADE LIMA, L. R. P.; ALMEIDA, P. F. The hydrodynamics of an upflow packed-bed bioreactor at low Reynolds number. *Brazilian Journal of Petroleum and Gas*, 2(3), p.114-121. 2008.
2. CASTRO, Fabio M. S. Estudo do comportamento hidrodinâmico de uma nova proposta de configuração interna para reator UASB. 2010. 102 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

3. LEVENSPIEL, O. Engenharia das Reações Químicas. 3 ed. São Paulo. Ed. Edgard Blücher Ltda, 563 p, 2000.
4. LIMA, C.A.A.; RIBEIRO, R.; FORESTI, E.; ZAIAT, M. Morphological Study of Biomass During the Start-up Period of a fixed-bed Anaerobic Reactor Treating Domestic Sewage. Brazilian Archives of Biology and Technology, 48, p. 841-849. 2005.
5. LOURENÇO, A. M. P.; CAMPOS, C. M. M. Hydrodynamic behaviour of a lab-scale upflow anaerobic sludge blanket reactor (UASB) operated with an adopted hydraulic retention time (HRT) of 12 hours. Ciência e agrotecnologia – UFLA, Lavras, 33(4), p. 1139-1144. 2009.
6. PEÑA, M. R.; MARA, D. D.; AVELLA, G. P. Dispersion and treatment performance analysis of an UASB reactor under different hydraulic loading rates. Water Research ed. 40, p. 445-452. 2006.
7. RIBEIRO, R.; VARESCHE, M. B. A.; FORESTI, E.; ZAIAT, M. Influence of the Carbon Source on the Anaerobic Biomass Adhesion on Polyurethane Foam Matrices. Journal of Environmental Management, v. 74, p.187-194. 2005.
8. SARATHAI, Y., KOOTTATEP, T., MOREL, A. Hydraulic characteristics of an anaerobic baffled reactor as onsite wastewater treatment system. Journal of Environmental Sciences (China), 22(9), p. 1319-1326. 2010.
9. SIEGFRIED, Werner. H.; CLETO, Eduardo. P. Modelagem hidrodinâmica de reatores anaeróbios de escoamento ascendente e manta de lodo (UASB). 1996. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/aresidua/mexico/01230p04.pdf>>. Acesso em: 27 abr. 2012