

ESTUDO EXPERIMENTAL DO COMPORTAMENTO HIDRODINÂMICO DE UM REATOR ANAERÓBIO HÍBRIDO (UAHB)

RESUMO

Ana Carolina Monteiro Landgraf
analandgraf@alunos.utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal
do Paraná, Campo Mourão, Paraná,
Brasil

Lucas Eduardo Ferreira da Silva
lucas.2013@alunos.utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal
do Paraná, Campo Mourão, Paraná,
Brasil

Gabriela Roberta Nardon Meira
gabrielameira3@gmail.com
Universidade Tecnológica Federal
do Paraná, Campo Mourão, Paraná,
Brasil

Thiago Morais de Castro
engenheirothiagocastro@gmail.com
Universidade Tecnológica Federal
do Paraná, Campo Mourão, Paraná,
Brasil

Eudes José Arantes
eudesarantes@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal
do Paraná, Campo Mourão, Paraná,
Brasil

Este trabalho teve como objetivo verificar o comportamento hidrodinâmico do reator anaeróbio híbrido em laboratório com diferentes tempos de detenção hidráulica (TDH's), utilizando o capacho de vinil como material suporte. O reator foi operado com TDH's de 16, 20 e 24 horas. O comportamento hidrodinâmico foi avaliado utilizando ensaios de estímulo-resposta tipo pulso, com o uso de eosina Y como traçador, para a obtenção das curvas de distribuição do tempo de residência (DTR). A partir do ensaio hidrodinâmico, foi verificado a presença de vários picos da concentração do traçador ao longo do tempo, que pode ser explicado pela presença do material suporte, que pode ter influenciado no aumento de zonas mortas e de caminhos preferenciais. Os valores encontrados para os modelos teóricos foram de 6, 2 e 5 para o modelo de tanque de mistura completa em série (N-CSTR), de 0,074, 0,176 e 0,092 para o modelo de pequena dispersão (PD) e de 0,191, 0,601 e 0,363, para o modelo de grande dispersão (GD). As anomalias encontradas com a execução dos ensaios foram a presença de zonas mortas em todos os ensaios, de curto-circuito para o ensaio com TDH de 20 horas e baixa eficiência hidráulica para os ensaios de 16 e 20 horas. O número de Reynolds indicou regime de escoamento laminar para todos os ensaios.

PALAVRAS-CHAVE: Estímulo e resposta. Traçador. Anomalias hidráulicas.

INTRODUÇÃO

O estudo hidrodinâmico de reatores possibilita avaliar o desempenho e o regime de escoamento de seus interiores, que é definida pela distribuição do tempo de residência (DTR), permitindo identificar suas características hidráulicas e anomalias, como a presença de zonas mortas, curtos-circuitos hidráulicos e caminhos preferenciais. Essa modelagem é importante para se entender o comportamento hidrodinâmico de reatores anaeróbios, como os de manta de lodo e fluxo ascendente (UASB), pois isto pode influenciar na velocidade das reações biológicas, devido as alterações na taxa de transferência de massa e a distribuição das reações ao longo do reator (CARVALHO et al., 2008).

Diante de algumas limitações apresentadas pelo reator UASB, que prejudicam a transferência de massa e ao seu maior potencial de formação de espuma, algumas modificações foram realizadas para aumentar a eficiência de remoção de matéria orgânica. Sendo assim, o reator anaeróbio híbrido (UAHB) foi desenvolvido para atender essas necessidades, sendo constituído de um fluxo ascendente do afluente por meio de um leito denso de lodo, localizado na parte inferior do reator e de um leito estacionário, contendo material suporte para adesão celular (GUIOT; VAN DEN BERG, 1984; KENNEDY; GUIOT, 1986). Com base no disposto, o objetivo desse trabalho é verificar o comportamento hidrodinâmico de um reator híbrido abiótico com diferentes tempos de detenção hidráulica (TDH's), a fim de determinar os parâmetros hidrodinâmicos e identificar anomalias, buscando a otimização dos processos de tratamento.

MÉTODOS

O estudo se deu no laboratório de Fenômenos de Transportes da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), campus Campo Mourão, no qual utilizou-se um reator UAHB abiótico, composto de coluna cilíndrica de *plexiglass*, com volume útil de 17,7 L, diâmetro interno de 0,15 m e altura de 1,22 m. Na região central do reator, foi instalado o material suporte, o capacho de vinil, com 2 x 1 cm e 2 x 2 cm, que ocupou uma altura total de 40 cm do reator.

Foram realizados três ensaios do tipo estímulo e resposta com TDH's de 16, 20 e 24 h, utilizando como traçador a eosina Y, que foi injetada na entrada do reator em um tempo de aproximadamente 10 s. O preparo do traçador consistiu na mistura de 0,20 g de eosina diluída em 10 mL de água destilada e outra mistura de 0,20 g de eosina diluída em 10 mL de álcool. Dessa última diluição utilizou-se apenas 0,70 mL que foi adicionada na diluição feita com água destilada. Esse método adotado pelos autores desse trabalho visa evitar a influência da densidade da eosina ($1,02 \text{ g/cm}^3$) nos ensaios, já que seu valor é maior quando comparado ao da água (1 g/cm^3). A escolha pelo uso do álcool foi devido a sua densidade ser menor que a da água, o que garante que um pequeno volume utilizado seja suficiente para equilibrar as densidades. Antes da injeção do traçador, foi coletada uma amostra de efluente do reator sem a sua presença (branco), que serviu de parâmetro para a leitura de absorvância das demais amostras pelo espectrofotômetro, marca HACH® UV-Vis, modelo DR 5000, com comprimento de onda de 516 nm. Considerando que o reator é abiótico, sua alimentação foi realizada com água potável, que foi conduzida por uma bomba

peristáltica, marca Provitec®, modelo DM 5000, com vazões de 0,73; 0,89 e 1,11 L/h, para os ensaios 1, 2 e 3, respectivamente.

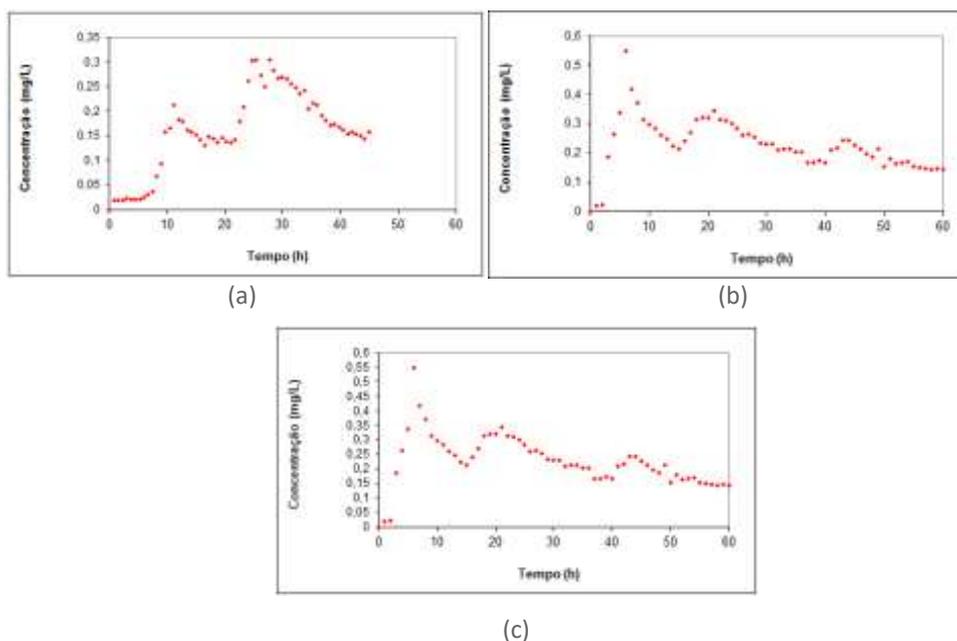
Para o ensaio 1 foi utilizado TDH de 24 h, o ensaio 2 TDH de 20 h e o ensaio 3 TDH de 16 h, totalizando 72, 60 e 48 h, respectivamente (três vezes o TDH). Utilizou-se no ensaio 1 somente o traçador com diluição em água destilada, e nos demais a diluição contendo 0,70 mL da diluição de eosina em álcool. As coletas foram realizadas em intervalos de uma hora para o primeiro e o segundo ensaios e de 45 minutos para o terceiro ensaio. Os valores obtidos na leitura foram transferidos para uma planilha do programa Microsoft Excel®, para obtenção de gráficos da variação da concentração do traçador pelo tempo, dos valores das características, anomalias hidráulicas e recuperação de massa do traçador.

As curvas experimentais da variação de concentração do traçador ao longo do tempo, foram normalizadas, resultando em curvas de distribuição do tempo de residência hidráulica em função do tempo adimensional. Os resultados obtidos foram ajustados com base nos modelos teóricos uniparamétricos de dispersão de pequena intensidade (PD) e de grande intensidade (GD) e de tanques de mistura completa em série (N-CSTR), propostos por Levenspiel (2000). A presença de anomalias foi verificada por meio de cálculos realizados com base nas metodologias propostas por Peña, Mara e Avella (2006); Thackston, Shields e Schroeder (1987); Persson, Somes e Wong (1999) e Roma (2006).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste item serão apresentados e discutidos os resultados experimentais dos ensaios hidrodinâmicos para os diferentes TDH's.

Figura 1 - Variação da concentração de Eosina Y em função do tempo. (a) TDH de 16 horas; (b) TDH de 20 horas e (c) TDH de 24 horas



Ao analisar a Figura 1, nota-se a presença de vários picos ao longo da curva que podem ser explicados devido à presença do material suporte, o capacho de

vinil, que pode ter criado caminhos preferenciais e zonas mortas, permitindo que concentrações variadas do traçador encontrassem caminhos mais favoráveis ao escoamento ou zonas estagnadas dentro do reator, o que causou atraso na liberação do traçador, interferindo no escoamento real do fluido em seu interior, e/ou devido ao fato do traçador utilizado não ser o mais indicado.

Com base nos resultados obtidos após o ajuste dos dados experimentais aos modelos teóricos, notou-se atraso de aproximadamente 67, 37 e 59% nos TDH's reais em relação aos TDH's teóricos de 16, 20 e 24 h, respectivamente. Isso pode ser explicado pela presença de zonas mortas, indicando regiões com baixa troca de massa e pequena quantidade de movimento, causando retardo na liberação do traçador. Escudié et al. (2005), mencionaram que o atraso pode desempenhar um papel significativo no cálculo do tempo de residência médio, tornando-o maior do que o teórico. Os TDH's utilizados são equivalentes a diferentes números de tanques em séries, no qual obteve-se valores entre 2 e 6 reatores.

Diante dos valores dos coeficientes de correlação, notou-se que os modelos que melhor se ajustaram para cada ensaio foram o de PD, para o ensaio com TDH de 16 h, o de mistura completa (N-CSTR) para TDH de 20 h e o de GD para o TDH de 24 h, no qual os valores dos coeficientes são respectivamente, 0,881, 0,667 e 0,812. Apesar disso, os resultados dos ajustes dos dados experimentais aos modelos teóricos não foram satisfatórios, pois encontram-se acima do limite de dispersão ($D/uL < 0,01$). O mesmo foi relatado por Godinho et al. (no prelo).

Em relação à presença de anomalias, observou-se que os volumes de zonas mortas para os três TDH's foram positivos, influenciando no atraso e no lento decaimento do traçador. Os curtos-circuitos hidráulicos, só foram detectados no ensaio para o TDH de 20 h, que apresentou valor igual a 0,28, já que a presença de curtos-circuitos se dá quando a razão do tempo que ocorre o pico da concentração do traçador com o TDH real for menor ou igual a 0,3 (SARATHAI; KOOTTATEP; MOREL, 2010). Ainda, segundo os autores, essa anomalia causa diminuição da eficiência do reator, comprometendo a qualidade do efluente final.

A eficiência hidráulica, segundo Persson, Somes e Wong (1999), pode ser classificada em boa para $\lambda > 0,75$; satisfatória para $0,5 < \lambda \leq 0,75$; e baixa para $\lambda \leq 0,5$. Analisando os resultados obtidos, nota-se que apenas o ensaio com TDH de 24 h foi satisfatório, com valor de 0,51, os demais apresentaram baixa eficiência, que pode ser justificada pela presença de zonas mortas. Com relação ao número de Reynolds, os resultados foram de 0,017, 0,014 e 0,011, para os TDH's de 16, 20 e 24 h, indicando regime de escoamento laminar para os fluxos através do leito fixo no reator, pois de acordo com Neutrium (2017), $Re < 10$ indica escoamento laminar, $10 \leq Re \leq 2000$, escoamento transitório, e $2000 < Re$, turbulento.

Em relação a recuperação da massa do traçador, observou-se valores de 11,53 mg, 12,32 mg e 10,53 mg, representando 57,64%, 61,60% e 52,66% de recuperação do traçador utilizado nos ensaios, para os TDH's de 16, 20 e 24 horas respectivamente. Teixeira et al. (2000) também observaram valores baixos na recuperação do traçador, que recomendam valores superiores a 85%.

CONCLUSÕES

Nos ensaios hidrodinâmicos realizados, notou-se presença de vários picos nas curvas de variação da concentração de eosina Y em função do tempo, que tornaram o entendimento do comportamento do reator insatisfatório. Observou-se também a presença de zonas mortas, que podem ter sido influenciadas pela presença do material suporte. A presença dessas anomalias prejudica a boa eficiência de um reator. As zonas mortas causam retardo na liberação do traçador, pois são zonas que apresentam baixa troca de massa e pequena quantidade de movimento. Já os curtos-circuitos indicam que o fluido percorre caminhos preferenciais que reduzem sua permanência no sistema, prejudicando a decomposição da matéria orgânica. Portanto, conclui-se que há necessidade da realização de outros ensaios com o reator anaeróbio híbrido, verificando e confirmando a interferência do material suporte ou do traçador utilizado, no entendimento do desempenho do reator.

EXPERIMENTAL STUDY OF HYDRODYNAMIC BEHAVIOR OF A HYBRID ANAEROBIC REACTOR (UAHB)

ABSTRACT

This work aimed to verify the hydrodynamic behavior of the hybrid anaerobic reactor in the laboratory with different hydraulic detention times (HDT's), using the vinyl mat as a support material. The reactor was operated with HDT's of 16, 20 and 24 hours. The hydrodynamic behavior was evaluated using pulse-type stimulus-response assays, using eosin Y as a tracer, to obtain residence time distribution curves (DTR). From the hydrodynamic assay, the presence of several tracer concentration peaks was verified over time, which can be explained by the presence of the carrier material, which may have influenced the increase of dead zones and preferred paths. The values found for the theoretical models were 6, 2 and 5 for the model of complete mixing tank in series (N-CSTR), of 0.074, 0.176 and 0.092 for the model of small dispersion (SD) and of 0,191, 0,601 And 0.363 for the large dispersion model (LD). The anomalies found with the execution of the tests were the presence of dead zones in all the tests, of short circuit for the test with HDT of 20 hours and low hydraulic efficiency for the tests of 16 and 20 hours. The Reynolds number indicated laminar flow regime for all assays.

KEYWORDS: Stimulus and response. Tracer. Hydraulic anomalies.

REFERÊNCIAS

CARVALHO, K. Q. de; SALGADO, M. T.; PASSIG, F. H.; PIRES, E. C. Avaliação Hidrodinâmica de Reator UASB Submetido à Variação Cíclica de Vazão. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 13, n. 2, p.226-235, abr/jun. 2008.

ESCUDIÉ, Renaud; CONTE, Thierry; STEYER, Jean Philippe; DELDENÈS, Jean Philippe. Hydrodynamic and biokinetic models of an anaerobic fixed-bed reactor. **Process Biochemistry**, 40, p. 2311-2323. 2005.

GODINHO, J. P.; ARANTES, E. J.; CARVALHO, K. Q. de; PASSIG, F. H.; KREUTZ, C.; NAGALLI, A.; SILVA, M. S. de A. Comportamento dinâmico e hidrodinâmico de reator tipo UASB submetido à variação de carga hidráulica. **Revista DAE**. No prelo.

GUIOT, S.R.; VAN DEN BERG, L. Performance and biomass retention of upflow anaerobic reactor combining a sludge blanket and a filter. **Biotechnology Letters**. vol. 6, p. 161 - 164, 1984.

KENNEDY, K. J.; GUIOT, S. R. Anaerobic Upflow Bed-Filter–Development and Application. **Water science and technology**, v. 18, n. 12, p. 71-86, 1986.

LEVENSPIEL, O. **Engenharia das Reações Químicas**. 3 ed. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 2000.

NEUTRIUM. Packedbed Reynolds Number. Disponível em: <https://neutrium.net/fluid_flow/packed-bed-reynolds-number/>. Acesso em: 09 ago. 2017.

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**, v.50, n.3, p. 445-452, 2006.

PERSSON, J.; SOMES, N. L. G.; WONG, T. H. F. Hydraulics efficiency of constructed wetlands and ponds. **Water Science & Technology**. V.40, n.3, p.291 – 300, 1999.

ROMA, W.N.L. (2006). **Fenômenos de Transporte para Engenharia**. 2a ed. São Carlos, SP, RIMA. 2006.

SARATHAI, T.; KOOTTATEP, T.; MOREL, A. Hydraulic characteristics of an anaerobic baffled reactor as onsite wastewater treatment system. **Journal of Environmental Science**, 22(9): 1319-1326, 2010.

TEIXEIRA, E. C.; ANDRADE, M. W. M. de; RAUEN, W. B.; MACHADO, C. M. Estudo da influência da hidrodinâmica de um clarificador na remoção química de cianetos de efluentes de coqueria. In: XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária E Ambiental, 2000, Porto Alegre - RS. **Anais...** Rio de Janeiro: ABES, 2000.

THACKSTON, E. L.; SHIELDS JR., D. F.; SCHROEDER, P. R. Residence time distributions of shallow basins. **Journal of Environmental Engineering**. v. 116, n. 6, p. 1319–1332. 1987.

Recebido: 31 ago. 2017.

Aprovado: 02 out. 2017.

Como citar:

LANDGRAF, A. C. M. et al. Estudo experimental do comportamento hidrodinâmico de um reator anaeróbio híbrido (UAHB). In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DA UTFPR, 22., 2017, Londrina. **Anais eletrônicos...** Londrina: UTFPR, 2017. Disponível em: <<https://eventos.utfpr.edu.br/sicite/sicite2017/index>>. Acesso em: XXX.

Correspondência:

Ana Carolina Monteiro Landgraf
Rua Mato Grosso, número 2139, Bairro Centro, Campo Mourão, Paraná, Brasil.

Direito autoral:

Este resumo expandido está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição-Não-Comercial 4.0 Internacional.

