

Fluidodinâmica Computacional de um reator Upflow Anaerobic Hybrid (UAHB)

Computational Fluid dynamics of an Upstream Anaerobic Hybrid reactor (UAHB)

RESUMO

Guilherme de Paula
guilhermeedep@gmail.com
Universidade Tecnológica Federal
do Paraná, Campo Mourão,
Paraná, Brasil.

Eudes Jose Arantes
eudesarantes@gmail.com
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.

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

Flávia Aparecida Reitz Cardoso
flaviareitz@gmail.com
Universidade Tecnológica Federal
do Paraná, Campo Mourão,
Paraná, Brasil.

O tratamento adequado dos efluentes que são lançados em corpos d'água tem sido primordial para evitar diversos impactos ao meio ambiente. Para tanto, o emprego dos reatores UASB se destaca como um dos mais utilizados, embora apresentem limitações no processo. Por outro lado, o reator anaeróbio híbrido (UAHB) possui vantagens quanto à retenção de sólidos e maior aderência da biomassa. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o comportamento hidrodinâmico de um reator UAHB por meio de fluidodinâmica computacional. Foram utilizadas as medidas de um reator de bancada com 21 L para gerar geometria, malha e realizar simulações no *software* ANSYS-CFX. Foi observado durante a simulação que as velocidades do fluido são maiores nas regiões de entrada e saída do reator, além disso verificou-se que as velocidades do efluente são maiores nas regiões do centro do reator. Com as simulações e comparação com dados da literatura foi possível verificar a necessidade de considerar as características do lodo presente em um reator UAHB, já que o mesmo pode alterar os caminhos percorridos pelo fluido dentro do reator.

PALAVRAS-CHAVE: Simulação. Reator UAHB. CFD.

ABSTRACT

Proper treatment of effluents that are discharged into water bodies has been paramount to avoid various impacts on the environment. To this end, the use of UASB reactors stands out as one of the most used, although have limitations in the process. On the other hand, the hybrid anaerobic reactor (UAHB) has advantages regarding solids retention and greater biomass adherence. The objective of this work was to evaluate the hydrodynamic behavior of a UAHB reactor through the computational fluid dynamics. Measurements of a 21 L benchtop reactor were used to generate geometry, mesh and perform simulations in the ANSYS-CFX software. It was observed in the simulation that fluid velocities are higher in the reactor inlet and outlet regions, in addition it was found that the effluent velocities are higher in the reactor center regions. With the simulations and comparison with literature, it was possible to verify the need to consider the characteristics of the sludge present in a UAHB reactor, since it can alter the paths traveled by the fluid inside the reactor.

KEYWORDS: Simulation. UAHB reactor. CFD.

Recebido: 19 ago. 2019.

Aprovado: 01 out. 2019.

Direito autorial: Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



INTRODUÇÃO

O lançamento de efluentes brutos em corpos d'água causa diversos impactos ao meio ambiente, sobretudo na vida aquática. Dentre as alternativas de tratamento destaca-se o tratamento anaeróbio, que consiste na degradação da matéria orgânica por meio de micro-organismos anaeróbios, que convertem a matéria orgânica complexa em metano, gás carbônico, água, gás sulfídrico e amônia (CHERNICHARO, 1997).

No processo são utilizados os reatores UASB (Upflow anaerobic sludge blanket), com limitações no processo, e o reator anaeróbio híbrido (UAHB), com vantagens quanto à retenção de sólidos e maior aderência da biomassa (GUIOT; VAN DEN BERG, 1984; KENNEDY; GUIOT, 1986).

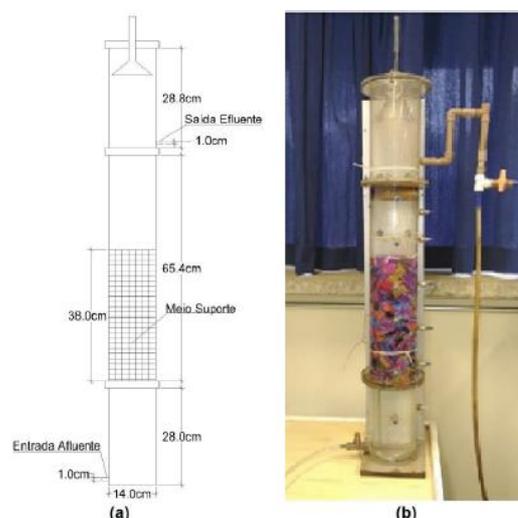
Com o uso crescente desses reatores no tratamento de efluentes, é importante que se tenha um entendimento de seu comportamento hidrodinâmico. Para isso, uma ferramenta que vem sendo muito utilizada é a Fluidodinâmica Computacional (*Computational Fluid Dynamics - CFD*). A ferramenta aplica conceitos de fenômenos de transporte que proporcionam o entendimento do comportamento do fluido dentro do reator, corroborando este comportamento por meio das equações matemáticas do modelo que são solucionadas pelas simulações numéricas (TU *et al.*, 2008).

Com base no disposto acima, o objetivo deste trabalho foi avaliar o comportamento hidrodinâmico de um reator UAHB por meio da ferramenta de fluidodinâmica computacional.

MÉTODOS

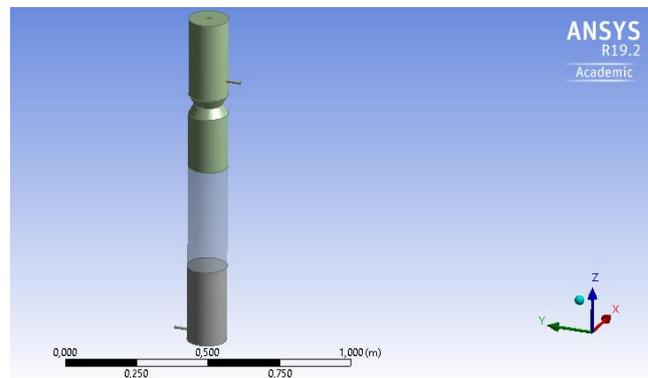
Foi utilizado como base do estudo um reator de bancada do tipo UAHB (Figura 1) com volume útil de 21 L, utilizado para mensurar medidas para o desenho da geometria no *software* Ansys-CFX 19.2 (Figura 2).

Figura 1 - a) Desenho esquemático do reator UAHB em escala de bancada. b) Foto do reator UAHB



Fonte: Silva, 2018.

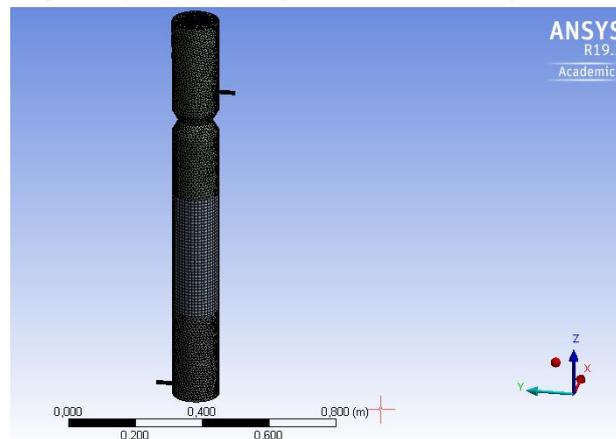
Figura 2 - Geometria do reator UAHB utilizado nas simulações numéricas no software ANSYS-CFX 19.2.



Fonte: Autoria própria (2019).

A partir da geometria desenhada, foi criada uma malha com 190615 elementos com cerca de $1e^{-2}$ m (Figura 3) para a condução da solução das equações do movimento do fluido simulado ao longo do reator. Após essa etapa, foram inseridas as condições de contorno, o que permitiu, por fim, a execução da simulação do comportamento do fluido por meio de ferramentas de fluidodinâmica computacional.

Figura 3 - Malha gerada para as simulações numéricas no software ANSYS-CFX 19.2.



Fonte: Autoria própria (2019).

Para o estudo computacional foram utilizadas duas variações do tempo de detenção hidráulica (TDH), sendo considerados como parâmetros da simulação as velocidades do fluido, a viscosidade do fluido e as densidades do fluido e do lodo (Tabela 1). Com resultados obtidos, realizaram-se comparações com dados da literatura relacionados ao tema.

Tabela 1 - Parâmetros utilizados para simulação no software com os diferentes TDH.

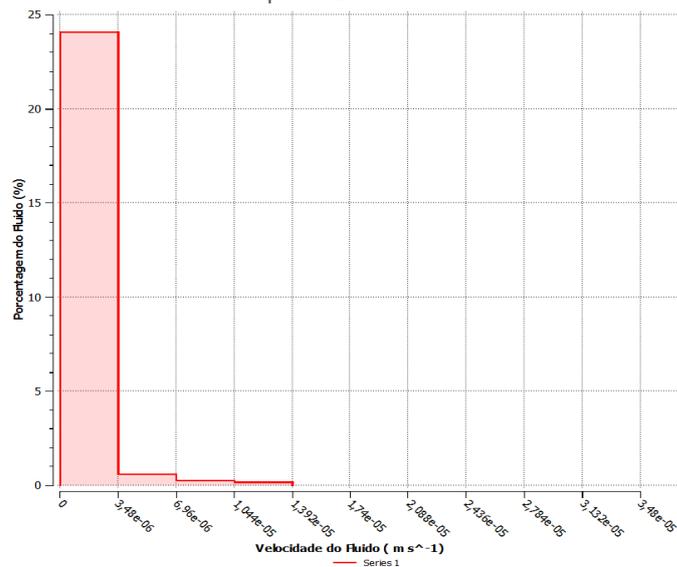
Parâmetro	TDH	
	4	12
Velocidade de entrada do Fluido (m.s ⁻¹)	0,0156	0,0052
Viscosidade dinâmica do Fluido (m.s ⁻¹)	0,001	0,001
Densidade do Fluido (Kg.m ⁻³)	1000	1000
Densidade do Lodo (Kg.m ⁻³)	1460	1460

Fonte: Autoria própria (2019).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

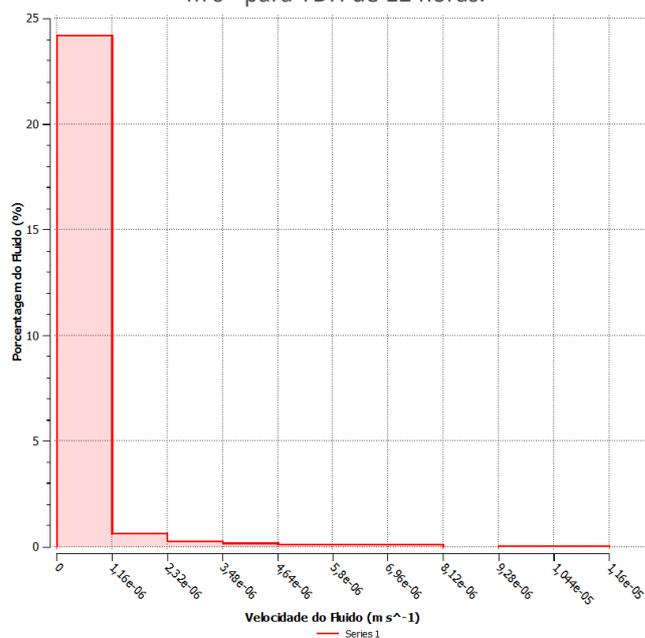
Com base nas simulações realizadas, foi possível observar que aproximadamente 24% do fluido se encontra com velocidade inferior a $3,48 \times 10^{-6} \text{ m.s}^{-1}$ com TDH de 4 horas e $1,16 \times 10^{-6} \text{ m.s}^{-1}$ na simulação com TDH de 12 horas (Figuras 4 e 5), sendo indicativo de zonas mortas no reator.

Figura 4 - Histograma da porcentagem do fluido (água) com velocidade inferior a $3,48 \times 10^{-5} \text{ m s}^{-1}$ para TDH de 4 horas.



Fonte: Autoria própria (2019).

Figura 5 - Histograma da porcentagem do fluido (água) com velocidade inferior a $1,16 \times 10^{-5} \text{ m s}^{-1}$ para TDH de 12 horas.



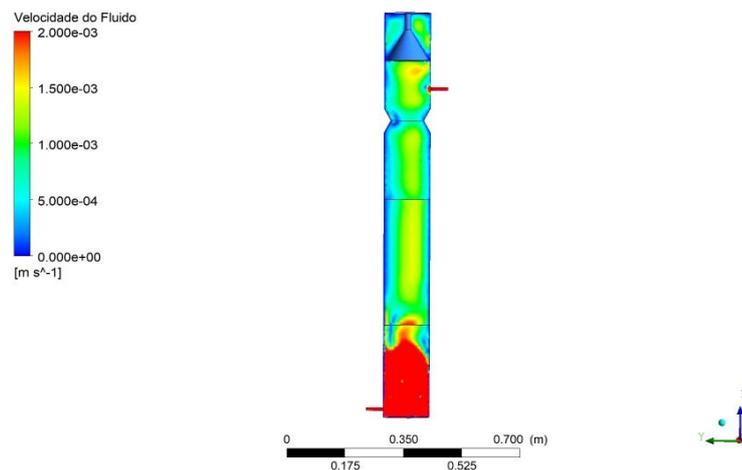
Fonte: Autoria própria (2019).

Em estudo computacional realizado por Silva (2018), foram obtidos volumes de zonas mortas de aproximadamente 13% para parâmetros similares de

simulação de um mesmo tipo de reator UAHB, entretanto, o autor não levou em consideração a existência de lodo no interior do reator e a geometria desenvolvida apresentava uma diferença da aqui utilizada, já que a saída foi considerada na parte superior do reator e não lateralmente. Esses fatores podem justificar as diferenças dos resultados apresentados nos estudos.

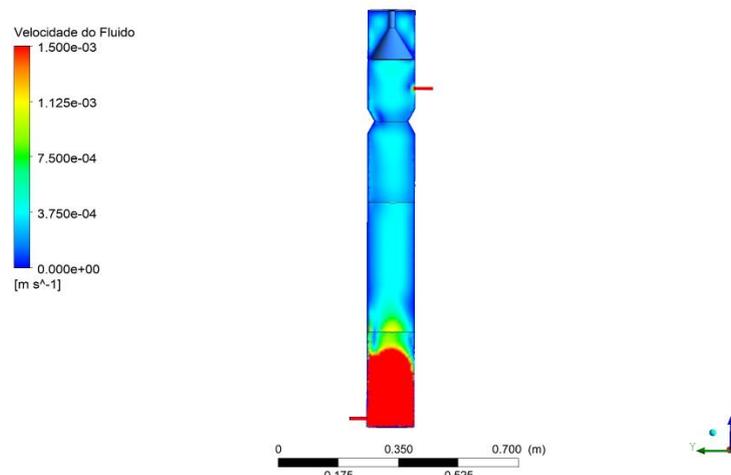
A partir dos perfis de velocidade gerados (Figuras 6 e 7), foi possível observar que as maiores velocidades do fluido (zonas em vermelho) se concentram nas regiões de entrada e saída do reator, o que pode ser explicado pela necessidade de uma maior velocidade da água para que ocorra sua ascensão sobre a coluna de lodo que se forma na parte inferior do reator. Já na região da saída, as altas velocidades justificam-se pela redução da área de passagem do fluido. Também é possível verificar na distribuição das velocidades, que conforme ocorre a ascensão da água, a velocidade diminui e o escoamento tende a se desenvolver preferencialmente na região central do reator.

Figura 6 - Perfil de velocidade da água no interior do reator UAHB para a simulação com TDH de 4 horas.



Fonte: Autoria própria (2019).

Figura 7 - Perfil de velocidade da água no interior do reator UAHB para a simulação com TDH de 12 horas.



Fonte: Autoria própria (2019).

CONCLUSÃO

Com as simulações e comparação com dados da literatura foi possível verificar a necessidade de considerar as características do lodo presente em um reator UAHB, já que o mesmo pode alterar os caminhos percorridos pelo fluido dentro do reator.

Neste estudo houve um aumento na porcentagem de fluido com velocidades inferiores às máximas estimadas para os dois TDH's simulados. Com os perfis de velocidade foi verificado que as maiores velocidades ocorrem na faixa de entrada e saída do reator, o que pode ter sido influenciado devido a presença de lodo nas simulações, já que na bibliografia utilizada as simulações não levaram em consideração o lodo.

Para trabalhos futuros recomenda-se executar simulações com outros valores de TDH's e execução de ensaios físicos com a finalidade de validar os resultados obtidos pelas simulações computacionais.

REFERÊNCIAS

CHERNICHARO, C., A. de I. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: reatores anaeróbios**. 1. ed. Belo Horizonte: UFMG, 1997, v. 3, 245 p.

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

SILVA, L.E.F. **Aplicação da fluidodinâmica computacional no estudo hidrodinâmico de um reator anaeróbio híbrido (UAHB) abiótico com validação experimental**. 2018. 60 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2018.

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.

TU, J.; YEOH, G.H.; LIU, C. **Computational Fluid Dynamics: a practical approach**, 1ª ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2008, 459 p.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Universidade Tecnológica Federal do Paraná pela bolsa concedida para o desenvolvimento desta pesquisa.