

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA

**O PAPEL DE MODELOS DE TURBULÊNCIA NA MODELAGEM DE UM
BIORREATOR COM MEMBRANAS**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

VINÍCIUS DA COSTA ÁVILA

PORTO ALEGRE
2017

Resumo

O mercado de biorreatores com membranas (BRMs) têm exibido alto crescimento. Contudo, o *fouling* diminui o desempenho desses sistemas drasticamente. A aeração promove a mitigação do *fouling*, mas possui alto custo operacional (de até 70% do total da demanda energética) e é utilizada de forma otimizada apenas 10% das vezes, gerando a necessidade de estudos sobre a hidrodinâmica em BRMs. Ferramentas de dinâmica de fluidos computacional (CFD) são úteis para esse tipo de análise. Um dos primeiros passos para encontrar uma solução apropriada em simulações numéricas é propor uma modelagem correta. Dentre os fenômenos a serem modelados, os efeitos da turbulência são provavelmente um dos mais importantes; porém, nenhum artigo que comparasse previsões com base na escolha de modelo de turbulência para simulações de sistemas BRM foi encontrado. Dessa forma, o objetivo desse trabalho foi verificar a importância da escolha do modelo de turbulência para simulações de biorreatores com membranas através de CFD. Para isso, as previsões obtidas de velocidade local próxima às superfícies das membranas e de tensão cisalhante nessas superfícies para duas taxas de aeração, 5 e 15 m³/h, empregando dois modelos de turbulência, $k-\epsilon$ com funções de parede para alto (aR) e para baixo número de Reynolds (bR) e $k-\omega$ SST (*Shear Stress Transport*) com funções de parede automáticas, na análise de um sistema BRM foram comparadas entre si e com dados experimentais e simulados disponíveis na literatura. Os perfis temporais da velocidade e da tensão cisalhante exibiram alta variabilidade no período das oscilações em certos pontos, exigindo um longo tempo de escoamento para a convergência das variáveis locais. Identificou-se a necessidade de outorgar maior importância à definição do intervalo de tempo de coleta de dados experimentais, de modo a adquirir médias representativas do perfil dinâmico das variáveis e destes perfis serem também analisados para comparações mais definitivas entre resultados de simulações e medições experimentais. As diferenças, entre as medições experimentais da literatura e previsões, obtidas pelas simulações deste trabalho foram, no geral, de ordem similar ou menores que as obtidas pelas simulações na literatura. Além disso, maior atenção deve ser dada à escolha da estratégia de modelagem de turbulência, visto que houve alta sensibilidade das previsões, que variaram em até 21,6% dependendo dessa escolha.

Palavras-chave: biorreator com membranas; *fouling*; aeração; turbulência; CFD.

Abstract

Membrane bioreactors (MBR) market has been showing high growth rates over recent years. However, membrane fouling drastically reduces MBR overall performance. Aeration promotes fouling mitigation, but at a high operational cost (up to 70% of the MBR energy demand) and it is optimally employed only in 10% of the cases. This created the need of studies focused on MBR hydrodynamic. Computational fluid dynamics (CFD) is a useful tool for hydrodynamic analysis. One of the first steps in finding a proper solution for numerical simulation is proposing a correct modelling. Among the phenomena to be modelled for MBR simulations, turbulence effects are probably one of the most important; nevertheless, no paper comparing the predictions based on the turbulence model choice for MBR simulations was found. In sight of that, this work aimed to verify the relevance of the choice of turbulence model for MBR simulations through CFD. Predictions of local velocities near membranes surfaces and of local shear stress on those surfaces, for two aeration rates (5 and 15 m³/h), employing $k-\epsilon$ with wall functions for high (aR) and low (bR) Reynolds number and $k-\omega$ SST with automatic wall functions, on the analysis of a MRB system, were compared between each other and with experimental and simulated data available in the literature. The velocity and shear stress temporal profiles showed oscillations with highly variable periods in some points, which required a long process real time to verify the local variables convergence. It was identified the need to give more importance to the definition of the time interval for experimental data collection in order to acquire reliable temporal means; also, one must properly analyze the temporal profiles for more definitive comparisons between predictions and experimental measurements. The differences, between experimental data and predictions, obtained through this work simulations were, in general, of similar order or smaller than the ones reported in the literature. Besides, more attention must be given to the turbulence modelling choices, since the predictions obtained here were highly sensitive to those choices, showing differences up to 21,6% among them.

Keywords: membrane bioreactor; fouling; aeration; turbulence; CFD.