

10º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS



TÍTULO DO TRABALHO:

AVALIAÇÃO DO MODELO EMPÍRICO NA FORMAÇÃO DE BIODEPOSIÇÃO NOS
PROCESSOS DE REFINO DE PETRÓLEO

AUTORES:

K.R. SANTOS, A. L. B. SOUZA e F. L. P. PESSOA

INSTITUIÇÃO:

Centro Universitário SENAI CIMATEC
Universidade Federal do Rio de Janeiro

FORMAÇÃO DE BIODEPOSIÇÃO NOS PROCESSOS DE REFINO DE PETRÓLEO

Abstract

Biofouling is the result of biofilm formation, which in general can be defined as a community of microorganisms attached to a biological or abiotic surface that is fixed in an array of exopolymer products. These extracellular polymers are the main compounds that maintain organisms within biofilm, responsible for the formation of scales that, over time, adheres and aggregates the organic origin materials and inorganic salts minerals and corrosive products in industrial circuits that utilizes water in their respective processes, damaging the overall efficiency of the equipments, causing loss of availability, performance and quality. Thus, the empirical model developed can be used to predict biodeposition and thereby determine an equipment cleaning campaign. The result shows that the model can describe the behavior of the biofilm formation.

Introdução

A presença de deposição de natureza orgânica, inorgânica ou de matéria viva, encontrados a partir da sedimentação de partículas espessas de argila, sílica, algas e outras matérias orgânicas presentes nas águas de refrigeração da em processos químicos, aderem e crescem nas superfícies dos canais internos dos trocadores de calor. Esses depósitos são chamados de biodeposição quando oriundos de matéria viva, com o tempo, se adere e agrega material de origem orgânica e partículas inorgânicas de sais e produtos corrosivos que o torna, ainda mais, aderente e nocivo ao sistema (NEVES, 2013).

A água é o habitat natural de milhares de seres vivos, desde microrganismos unicelulares até animais superiores. Com o aprimoramento das atividades humanas e o uso generalizado da água nestas atividades, deparamo-nos com um problema muito difícil de ser resolvido, principalmente porque vai de encontro à própria natureza: o desenvolvimento de organismos na água que usamos e todas as consequências que este fato pode gerar (TROVATI, 2004). Incrustações, crescimento microbiano, corrosão e deposição, problemas industriais associados à bioincrustação são essencialmente aqueles que se acumulam em todos os mecanismos de incrustação - ou seja, pressão para uma dada vazão e, em trocadores de calor, transferência de calor reduzida para uma dada diferença de temperatura (Melo; Bott. 1996).

Em resumo, a sequência de eventos na formação de biofilme é: 1. Transferência maciça de macromoléculas para a superfície e a formação de uma camada adsorvida; 2. Transporte de microrganismos para a camada adsorvida; 3. Adesão irreversível das células ou aglomerados ao superfície; 4. Possível remoção de células da superfície; 5. Estabelecimento de uma ligação mais forte entre os microrganismos e as camadas superficiais; 6. Transferência maciça de nutrientes para a superfície e através de o biofilme junto com o transporte longe da superfície; 7. Metabolismo celular, incluindo a produção de novas células e polímeros extracelulares; e 8. Possível descamação do biofilme quando este tiver atingido espessura crítica (Melo e Bott. 1996).

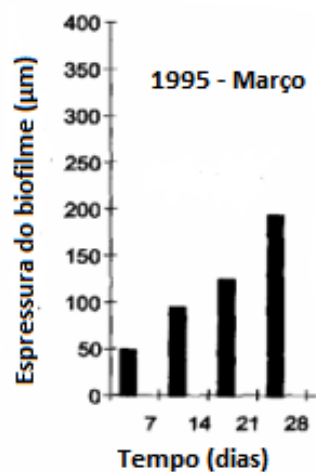
Os biofilmes em sistema de distribuição de água potável em larga escala (SDAP), também designados como bioincrustação, são um problema da indústria da água. Muitos problemas em SDAP são de natureza microbiana, incluindo crescimento de biofilme, nitrificação, corrosão mediada por microrganismos e a ocorrência e persistência de patógenos (Simões, 2013). Os predominantes resultados de incrustações causadas por microrganismos (biofouling) em circuitos industriais que utilizam água em seus respectivos processos, são revelados de forma prejudiciais à eficiência global dos equipamentos, causando perdas por disponibilidade, performance e qualidade.

O objetivo deste trabalho é a aplicação de um modelo empírico para prever o comportamento de biodeposição de acordo com tempo. Foram utilizados dados experimentais obtidos da literatura.

Metodologia

Baseando nos dados obtidos no artigo publicado por Abdul, Ibrahim e Sasikumar (2000), nas plantas de dessalinização, a incrustação biológica de escoadouros de entrada, bombas, sistema de tubulação de água do mar e trocadores de calor são proveniente de fatores como temperatura, condutividade, sólidos suspensos totais e oxigênio dissolvido, que foram examinados como principal causa da atividade de bioincrustação no mar. A biodeposição aumentou ao decorrer do tempo de exposição, conforme mostra a Figura 1.

Figura 1: Espessura do biofilme de acordo com tempo.



Fonte: Abdul, Ibrahim e Sasikumar (2000).

Para representar os dados experimentais é proposto um modelo que representa o período assintótico. O modelo linear é representado por um modelo simples e apresentando pela Equação 1:

$$R_f(t) = at \quad (1)$$

Onde, **a** é a constante linear da taxa de deposição.

Kern e Seaton (1959) propuseram um modelo no qual a taxa de deposição é a diferença entre a taxa de deposição (m_d) e a taxa de remoção (m_r) e é representado segundo a Equação 2.

$$\frac{dR_f}{dt} = m_d - m_r \quad (2)$$

A equação matemática é a conforme apresentado na Equação 3:

$$R_f(t) = R_f^* - (1 - c^{-st}) \quad (3)$$

Este trabalho tem o objetivo de apresentar um modelo empírico simples (Equação 4) que represente os diferentes tipos de curvas de deposição (linear, taxa de deposição e assintótica).

$$R_f = R_f^* \left(\frac{t}{t+b} \right) \quad (4)$$

Tal que, R_f é a taxa de deposição; t é tempo; R_f^* é a taxa de deposição no tempo infinito ou o valor assintótico de R_f ; R_f^*/t inclinação inicial dos dados de R_f versus t ; b é dependente do fluxo de massa, temperatura e pressão.

Onde pode-se observar na Equação 5, para $t=0$:

$$\frac{dR_f^*}{dt} = \frac{R_f^*}{b} \quad (5)$$

A variação da deposição com o tempo é similar a variação da massa adsorvida com pressão do adsorvato dada pela isoterma de Langmuir. O desvio médio, de todos os modelos foi calculado usando a Equação 6:

$$MD(\%) = \frac{100}{N_{exp}} \sum \left[\frac{R_f^{exp} - R_f^{calc}}{R_f^{exp}} \right] \quad (6)$$

Onde, exp são os dados experimentais e calc são os dados calculados. O modelo pode ser rearranjado para representar os três diferentes tipos de curvas. A Equação 7 foi baseada nos autores Naik; Maheshwari & Lentz (1989), no qual descrevem o comportamento destas curvas em diferentes momentos ao longo da extração de compostos e levam em consideração as curvas descritas pelas isotermas de Langmuir.

$$\frac{1}{R_f} = \frac{b}{R_f^*} t + \frac{1}{R_f^*} \quad (7)$$

Se a curva é linear $R_f^* \rightarrow \infty$; $1/R_f^* \rightarrow 0$ e b/R_f^* é a inclinação. Se as curvas são se as curvas são como as outras duas curvas (seguidas deposição e assintóticas), b/R_f^* é a inclinação e $1/R_f^*$ é o coeficiente linear.

Resultados e Discussão

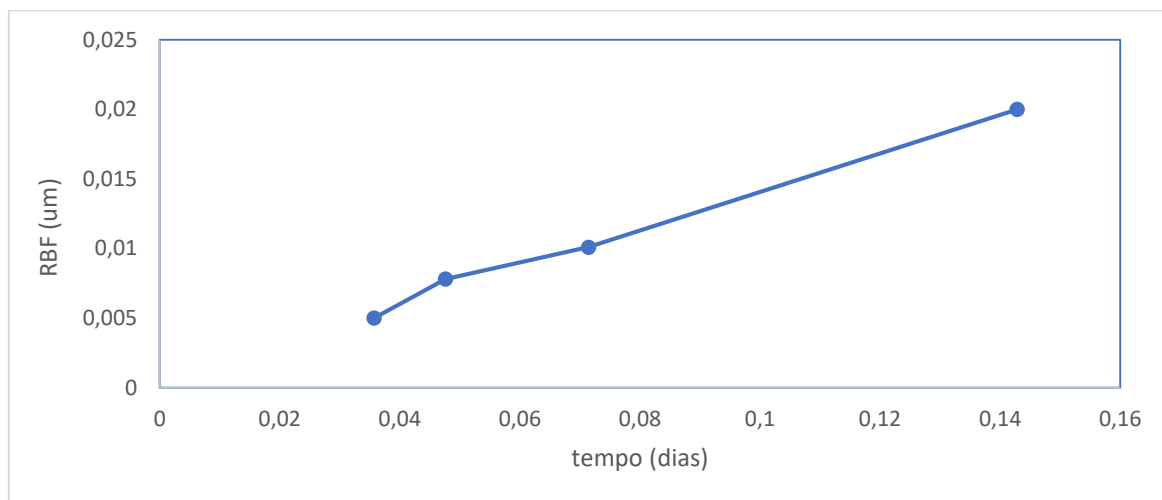
Na literatura há escassez de dados sobre modelos matemáticos para prever a biodeposição, e a partir dos estudos sobre deposição, percebe-se que os modelos, em geral, representam o período assintótico. Este trabalho tem como objetivo apresentar um modelo empírico simples (Equação 4) que represente os cinética das curvas de biodeposição (linear, taxa de biodeposição, curvas assintóticas).

O resultado apresentado na Figura 2, mostra que o modelo proposto consegue representar bem o comportamento de biodeposição para o estudo de caso avaliado para esse artigo. Os desvios médios dos tempos (dias) 7, 14, 21, 28 foram de 0,2%; 1,72%; 10,78%; 8,07%. Já os resultados da Tabela 1 mostra os resultados dos parâmetros obtidos para o modelo empírico da biodeposição em diferentes tempos (dias).

Tabela 1: resultados dos parâmetros obtidos para o modelo empírico da biodeposição em diferentes tempos (dias).

Tempo (dias)	Espessura do Biofilme (μm)	$1/t$	$1/R_f^*$
7	50	0,1428	0,02
14	99	0,0714	0,010
21	128	0,0476	0,007
28	200	0,0357	0,005

Figura 2: Comportamento da biodeposição. (• pontos experimentais e — reta do modelo empírico proposto)



Estudos como esse podem auxiliar na determinação da campanha de limpeza dos equipamentos e por conseguinte na manutenção e na vida útil dos mesmos.

Conclusões

Pode-se concluir que o modelo empírico conseguiu prever o comportamento da biodeposição no estudo de caso avaliado. A pesquisa ainda é inicial e estamos estudando o comportamento de biodeposição com o modelo proposto em outros equipamentos, como torres de resfriamento, e em trocadores de calor, por exemplo.

Agradecimentos

Ao Centro Universitário SENAI CIMATEC.

Referências Bibliográficas

ABDUL A. P. K.; IBRAHIM A.; SASIKUMAR R.; DEVELOPMENT C.; *Biofouling*

potential and environmental factors of seawater at a desalination plant intake. 2000.

KERN, D. Q., AND SEATON, R. A.; *A Theoretical Analysis of Thermal Surface Fouling*. British Chemical Engineering, 1959. vol. 4, no. 5, pp. 258–262.

5º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS

MELO, L. F.; BOTT, T. R. *Biofouling in water systems. Experimental Thermal and Fluid Science*, 1997, vol.14.

NAIK, S. N., LENTZ, H., MAHESHWARI, R. C., *Extraction of perfumes and flavours from plant materials with liquid carbon dioxide under liquid-vapor equilibrium conditions. Fluid Phase Equilibria*, vol. 49, pp. 115-124 (1989).

NEVES, A.V. *Mitigação de incrustação em trocadores de calor de hidrogeradores: estudo de caso da usina Fontes Nova*. Universidade Católica do Rio de Janeiro.2013.

SIMÕES, L. C. *Biofilms in drinking water*. University of Porto.2013.

TROVATI, Joubert; *Tratamento de Águas Industriais: Sistemas de Resfriamento*. In: Relatório Técnico. Industrias Corona, São Paulo, 2004, 89p.