

EFEITO DA PRESENÇA DE PARTÍCULAS DE CAULINO NA FORMAÇÃO DE FILMES BIOLÓGICOS POR *PSEUDOMONAS FLUORESCENS*

M. João Vieira, Luís de Melo, M. Manuela Pinheiro
Universidade do Minho - C.Q.P.A./INIC - 4700 BRAGA

INTRODUÇÃO

A formação de filmes biológicos (estruturas compostas por microrganismos, polímeros extracelulares por eles produzidos e por água) em equipamento industrial é um fenómeno frequente e, nalguns casos indesejável (por exemplo, em permutadores de calor, onde provocam um aumento da resistência à transferência de calor)

Kern e Seaton desenvolveram um modelo matemático considerando que a formação de um depósito (neste caso um biofilme) resulta da competição entre dois fenómenos opostos e simultâneos - a deposição e a remoção. O processo pode ser descrito em termos de resistência térmica (R_f) por

$$\frac{dR_f}{dt} = \varnothing_d - \varnothing_r \quad (1)$$

em que \varnothing_d e \varnothing_r são os fluxos de deposição e remoção, respectivamente, medidos em termos de resistência térmica por unidade de tempo e t é o tempo.

Assume-se que a deposição é constante ao longo do tempo, mas o fluxo de remoção aumenta com a espessura do depósito

$$\varnothing_r = \beta R_f^\infty \quad (2)$$

em que β é uma constante de proporcionalidade.

Integrando (1) em ordem ao tempo, obtém-se

$$R_f = R_f^\infty (1 - \exp(-\beta t)) \quad (3)$$

onde R_f^∞ é a resistência térmica máxima do depósito e

$$\varnothing_d = \beta R_f^\infty \quad (4)$$

A formação de um biofilme engloba dois processos paralelos:

- transporte de microrganismos e a sua adesão à superfície.
- transporte de nutrientes para o biofilme, crescimento dos microrganismos e produção dos produtos extracelulares.

Neste trabalho estudou-se a formação dos biofilmes produzidos por uma suspensão aquosa da bactéria *Pseudomonas fluorescens* e por uma suspensão mista desta bactéria e partículas de caulino. Aquela bactéria e as partículas de argila são comuns nas águas naturais utilizadas em circuitos de arrefecimento industriais.

MÉTODOS EXPERIMENTAIS

Os filmes biológicos foram formados em placas de alumínio, incorporadas nas paredes de duas condutas de geometria semi-circular, onde circulava uma suspensão bacteriana ($c_{\text{bactérias}} = 6 \times 10^7$ células/ml) alimentada constantemente com nutrientes (glicose 5%, peptona 2.5 % e extracto de levedura 1.25 % p/p), de modo a que a concentração de glicose seja 0.03 g/l na suspensão.

Nos ensaios com suspensão mista bactérias/caulino, há uma alimentação de caulino em suspensão aquosa, obtendo-se uma concentração de partículas de 100 ppm, mantendo-se todas as condições referidas anteriormente.

O crescimento do filme biológico foi acompanhado através da determinação da sua resistência térmica ao longo do tempo, com base em medições de temperaturas no fluido e na parede da conduta. Foram efectuados ensaios com a suspensão circulando a diferentes velocidades (entre 0.3 e 0.9 m/s), em regime turbulento.

Para avaliar a importância de cada um dos processos no fenómeno global, retiraram-se nutrientes da suspensão aquosa, depois de obtido um biofilme perfeitamente estabelecido, mantendo-se unicamente o transporte e a adesão de microrganismos ao biofilme.

Determinaram-se curvas de crescimento da *Pseudomonas fluorescens*, em batch, para uma concentração de glicose de 5g/l (mantendo-se a peptona e o extracto de levedura nas percentagens já referidas) na presença de caulino (240 pm) e na sua ausência. O crescimento bacteriano foi acompanhado por leituras de densidade óptica.

Os coeficientes respiratórios, para os ensaios batch referidos, foram determinados 12 horas após a inoculação (fase exponencial de crescimento), cessando a agitação e o arejamento e medindo o decréscimo da concentração de oxigénio dissolvido com o tempo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As Figuras 1 e 2 são exemplos típicos da evolução da resistência térmica dos biofilmes (R_f) com o tempo, antes e depois de se ter retirado os nutrientes da suspensão. Por ajuste das equações (3) e (4) a estes dados, obtiveram-se os valores dos fluxos de deposição (ϕ_d) em função da velocidade da suspensão.

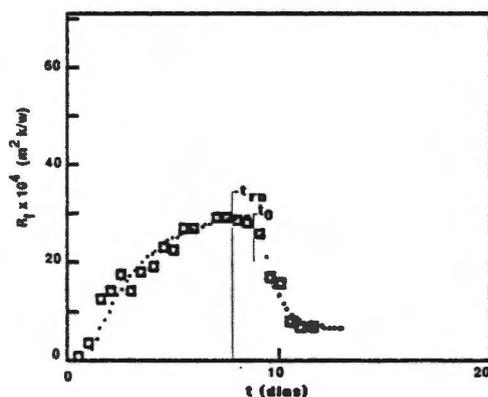


Figura 1 - Curva típica da evolução da resistência térmica dos biofilmes, com o tempo, com retirada de nutrientes em $t = t_{mn}$, suspensão com bactérias

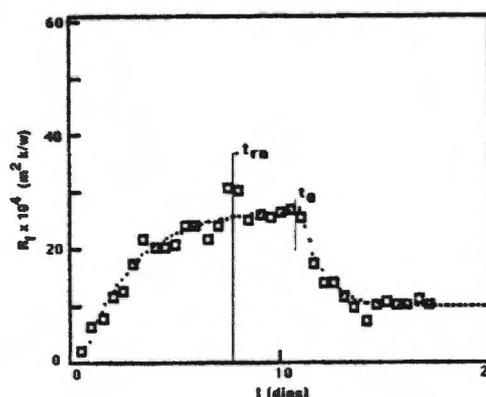


Figura 2 - Curva típica da evolução da resistência térmica dos biofilmes, com o tempo, com retirada de nutrientes em $t = t_{mn}$, suspensão com bactérias/caulino

No caso da suspensão bactérias/caulino, os valores de R_f e de ϕ_d são, em geral, um pouco maiores do que no caso da suspensão simples de bactérias, para velocidades de suspensão análogas. Tal poderá dever-se, em parte, ao facto de o caulino ter uma condutividade térmica menor do que a de um biofilme simples (a deste é semelhante à da água), embora a fracção de partículas no filme não seja elevada.

Por outro lado verifica-se que o efeito da retirada de nutrientes demora mais tempo a fazer-se sentir no caso do sistema bactérias/caulino, em condições hidrodinâmicas semelhantes (ver Tabela 1). Poderá, então, concluir-se que as partículas de caulino no interior do filme biológico funcionam também como "reservatórios" de nutrientes que as bactérias utilizam mesmo depois de estes terem sido retirados do fluido circulante. É, aliás, conhecida a boa capacidade de adsorção dos materiais argilosos tal como o caulino, o que lhes permite "transportar" para o biofilme as moléculas de substrato.

Tabela 1 - Tipo de ensaio (bactérias B, bactérias/caulino B + C) velocidade u , fluxo de deposição ϕ_d , resistência térmica máxima R_f^∞ , tempo em que se suprime os nutrientes t_{mn} , tempo em que se verifica a queda da curva de sujamento t_0 e $\Delta t = t_0 - t_{mn}$

Tipo de ensaio	u (m/s)	ϕ_d ($m^2 K/Ws$) $\times 10^8$	R_f^∞ ($m^2 K/W$) $\times 10^4$	t_{mn} (dias)	t_0 (dias)	Δt
B	0.34	3.1	42	7.5	9.5	2.0
B + C	0.35	3.4	34	7.0	9.5	2.5
B	0.52	1.5	31	7.5	8.5	1.0
B + C	0.59	1.4	25.5	7.5	10	2.5
B	0.71	0.99	27	7.0	8.0	1.0
B + C	0.72	1.2	27.5	7.5	9.5	2.0
B + C	0.93	0.63	18	7.5	10	2.5

Estas considerações são, ainda, confirmadas pelos seguintes dados experimentais adicionais:

a) taxa específica de crescimento da bactéria, a pH 6.2:

0.115 h^{-1} , na ausência de caulino

0.339 h^{-1} , na presença de 240 ppm de caulino.

b) quociente dos coeficientes respiratórios entre o sistema bactérias/caulino e bactérias = 4.6

que mostram uma intensificação da actividade biológica na presença de caulino.

* Trabalho subsidiado pela J.N.I.C.T, projecto 87509.