

REMEDIAÇÃO DE ÁGUAS URBANAS CONTAMINADAS UTILIZANDO RESÍDUOS DA PRODUÇÃO BIOTECNOLÓGICA DE SURFACTANTES

Química Ambiental

Amanda Arthuzo Corrêa¹
Wyllerson Evaristo Gomes²
Augusto Etchegaray³
Alessandra Borin Nogueira⁴
Renata Kelly Mendes⁵

Resumo

A industrialização nas grandes cidades trouxe como uma de suas consequências a produção de resíduos em larga escala que, se não tratados, são despejados nos cursos de água, contaminando o meio ambiente, com sérios efeitos deletérios à saúde humana. Neste tipo de efluente podem ser encontrados importantes contaminantes, como os orgânicos, com destaque para o cresol, muito utilizado em diversos segmentos industriais, que possuem alta toxicidade para animais e plantas. Por isso, torna-se essencial os processos de descontaminação, evitando o prolongamento dos danos ambientais. Uma das maneiras mais interessantes de remediação envolve o uso de processos de adsorção de compostos que são classificados como resíduos em determinadas indústrias, como as águas de lavagem relacionadas a produção de biossurfactantes, como a surfactina. Isso porque estas águas de lavagem contêm ainda pequenas quantidades do biossurfactantes, que são poderosos agentes de adsorção. Para avaliar a eficiência da remediação, foi utilizado um biossensor eletroquímico contendo nanocompósito híbrido orgânico/inorgânico a base da enzima laccase, que foi aplicado em amostras de águas urbanas contaminadas antes e após o processo de descontaminação. Os resultados mostram que foi possível obter 21,55% de descontaminação do cresol em amostra real fortificada, nas melhores condições experimentais.

Palavras-chave: Surfactina; Biossensor; Cresol, Resíduos; Remediação.

¹Amanda Arthuzo Corrêa, Graduação em Engenharia Química, CEATEC, Pontifícia Universidade Católica de Campinas (PUC-Campinas), amanda.arthuzo@gmail.com.

²Wyllerson Evaristo Gomes, Pós-Doutorando no PPG em Sistemas de Infraestrutura Urbana, CEATEC, Pontifícia Universidade Católica de Campinas (PUC-Campinas), wyllerson@gmail.com.

³Prof. Dr. Augusto Etchegaray Junior, Docente pesquisador no PPG em Ciências da Saúde, CCV, Pontifícia Universidade Católica de Campinas (PUC-Campinas), augusto.etchegaray@puc-campinas.edu.br.

⁴ Prof^ª. Dr^ª Alessandra Borin Nogueira. Docente pesquisadora da Faculdade de Química, CEATEC, Pontifícia Universidade Católica de Campinas (PUC-Campinas), aleborin@puc-campinas.edu.br.

⁵Prof. Dra. Renata Kelly Mendes, Docente no PPG em Sistemas de Infraestrutura Urbana, CEATEC, Pontifícia Universidade Católica de Campinas (PUC-Campinas), renatavalente@puc-campinas.edu.br.

INTRODUÇÃO

No atual cenário ambiental, vemos que a água é destino de muitos dos descartes, que podem conter vários poluentes com efeitos deletérios à saúde humana e dos animais. Uma classe de poluentes bastante preocupantes são os compostos fenólicos, dentre eles, destaca-se o cresol (metilfenol), composto volátil, de baixa massa molar, usado como insumo nas indústrias têxteis, de papel, herbicida, além de subproduto da destilação do petróleo (LAMARI et al., 2016). Considerando-se a toxicidade destes compostos, a descontaminação do ambiente poluído faz-se necessária, especialmente quando se utilizam estratégias de biorremediação ou de adsorção. Um resíduo bem interessante para ser utilizado em processos de remediação está relacionado ao obtido nas etapas de lavagem da produção biotecnológica de biossurfactantes. Os biossurfactantes fazem parte de um grupo de moléculas tensoativas, que apresentam uma parte hidrofóbica e outra hidrofílica, produzidos principalmente pela ação de microorganismos. Suas características físico-químicas são semelhantes às dos surfactantes sintéticos, com a vantagem de serem biodegradáveis e com menor toxicidade. Um importante composto produzido pelo *B. subtilis* é a surfactina, que está sendo estudada como agente de biorremediação (LARINI et al., 2017). O interessante é que nas etapas de lavagem de produção de surfactina podem ter resíduos deste composto presentes, podendo, dessa forma, ser testada como descontaminante, uma vez que seria descartada no processo final.

Com relação ao monitoramento das águas contaminadas, normalmente este procedimento é feito em laboratórios utilizando-se métodos sofisticados, laboriosos e que necessitam de treinamento do analista. Uma alternativa é o uso de biossensores eletroquímicos, que se referem a dispositivos sensíveis e seletivos que são de simples manuseio e fornecem respostas rápidas e em tempo real (MAZLOUM-ARDAKANI et al., 2012). O elemento reconhecedor mais utilizado para a detecção de compostos fenólicos é uma enzima, normalmente a laccase.

Para que o biossensor apresente estabilidade, a imobilização da enzima deve ser realizada de forma eficiente. Para isso destaca-se o uso de nanomateriais, que oferecem maior sensibilidade, visto que, devido às suas pequenas dimensões, há um aumento da área

superficial além de apresentar fortes propriedades de adsorção de moléculas (MENDES, et al., 2012).

Visando aumentar a estabilidade, sensibilidade e seletividade do biossensor, pode-se incorporar materiais orgânicos às nanopartículas, formando um nanocompósito híbrido. Dentre estes compostos destaca-se a quitosana, que é um polímero natural, de baixo custo, renovável e biodegradável e o segundo mais encontrado na natureza (perdendo apenas para a celulose), permitindo que a biomolécula possa ser imobilizada via interações eletrostáticas, que é conhecidamente mais estável que processos mais simples envolvendo adsorção.

Neste sentido, o objetivo deste trabalho é o aproveitamento de resíduos da produção de surfactinas para descontaminação de águas urbanas contaminadas com cresol e o monitoramento do efluente tratado com um biossensor de laccase/quitosana/nanopartículas magnéticas de óxido ferro.

METODOLOGIA

Obtenção da água de lavagem

Foram cultivados *Bacillus amyloliquefaciens* em laboratório, utilizando o meio Luria Bertani (LB) em incubadora à 37°C e 250 rpm. A biomassa obtida com esse cultivo foi então lavada 3 vezes com solução tampão fosfato 0,1 mol L⁻¹ (pH 7) com o objetivo de retirar a maior quantidade possível de surfactina produzida no meio.

Construção do biossensor

Inicialmente foram adicionados 50uL de nanopartículas magnéticas de Fe₃O₄ em um frasco Eppendorf ® que foram lavadas com solução tampão fosfato 0,1 mol L⁻¹ (pH 7) e, com o auxílio de um ímã, o sobrenadante foi separado e descartado. Então, adicionou-se 60 uL da solução de quitosana 4,5 mg/mL. A mistura foi agitada manualmente e levada à geladeira por 15 min. Após, adicionou-se 20 uL de solução da enzima laccase 1 mg mL⁻¹, e a mistura foi novamente agitada e levada a geladeira por mais 15 min. Depois, com o auxílio do ímã, descartam-se 85 uL para então lavar o restante com 100 uL da solução tampão de fosfato

para a remoção do excesso de enzima. O conteúdo foi adicionado a 0,175g de pó de grafite e, usando um almofariz e um pistilo, foram misturados manualmente por 5 min. Acrescentam-se 2 gotas de óleo mineral Nujol®, misturando por mais 5 min. A pasta de carbono foi transferida para um tubo de vidro, fazendo contato elétrico com um fio de Ni/Cu. Esse sistema foi colocado, juntamente com o eletrodo de referência de Ag/AgCl e um contra-eletrodo de platina, em uma célula eletroquímica para a obtenção dos valores de corrente elétrica, através do uso de um potenciostato PG STAT 101 da Autolab (Metrohm).

Remediação

Para o estudo de remediação, foram adicionados 5 mL da água de uma lagoa de um clube de Campinas que foi propositalmente contaminada com $77 \mu\text{mol L}^{-1}$ de cresol e o pH foi ajustado para 8,0 (pH otimizado). Então, primeiramente foi realizada uma medida de corrente para controle e, depois, foi adicionado 1 mL da água de lavagem. O meio foi submetido a agitação por 50 min (tempo otimizado) para descontaminação. Após, foi realizada outra medida de corrente para verificação da diminuição da concentração de cresol. Com essa diferença, foi obtida a porcentagem de remediação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para que o biossensor possa ser utilizado para a quantificação do cresol na água contaminada e após a descontaminação, obteve-se uma curva de calibração com concentrações de cresol variando de 23 até $131 \mu\text{mol.L}^{-1}$ por meio de adições sucessivas ($n=6$). A equação da reta obtida foi $y(A)=1 \cdot 10^{-7} X (\mu\text{molL}^{-1}) - 2 \cdot 10^{-6}$, com R^2 de 0,9958.

O teste de exatidão foi realizado adicionando-se uma quantidade fixa conhecida de cresol ($77 \mu\text{mol.L}^{-1}$) em três amostras de tampão fosfato pH 8,0. Usando o biossensor foi possível determinar a concentração média de $76,5 \mu\text{mol.L}^{-1}$, com um erro relativo de 0,49%, considerado muito bom. Desta forma é possível verificar que o biossensor é eficaz para o monitoramento da eficiência do processo de descontaminação, determinando-se a concentração do cresol antes e após a remediação usando água de lavagem do processo biotecnológico de produção de surfactinas.

As condições experimentais da remediação foram otimizadas, avaliando diferentes tempos

de remediação com a água de lavagem contendo resíduos de surfactina (10 a 60 min) e em diferentes pH do meio (2,0 a 10,0). Foi verificado que a condição na qual a remediação foi mais eficaz foi em pH 8,0 e um tempo de interação água de lavagem-cresol de 50 min.

Para o estudo da remediação em águas urbanas, foi coletada uma amostra de água de lagoa de um clube de Campinas (SP), que foi propositalmente contaminada com $77 \mu\text{mol.L}^{-1}$ de cresol, nas condições cujo testes de otimização mostrou os melhores resultados. O estudo de remediação foi realizado em triplicata e a média dos resultados foi de 20,06 ($\pm 1,21$) %.

CONCLUSÕES OU CONSIDERAÇÕES FINAIS

Usando a água de lavagem da produção biotecnológica do biossurfactante surfactina foi possível realizar a descontaminação de uma amostra de água fortificada com cresol, apresentando 20% de remediação nas melhores condições experimentais. Este resultado pode ser considerado satisfatório, uma vez que a água de lavagem se trata de um resíduo que seria descartado, contribuindo para um ciclo sustentável, já que consiste na reutilização de um resíduo industrial. Além disso, o biossensor se mostrou eficiente no monitoramento do processo de descontaminação, envolvendo um método de menor custo e baixa geração de resíduos.

AGRADECIMENTOS

À FAPESP pela bolsa de IC concedida (Processo n 2018/16501-2).

REFERÊNCIAS

LAMARI, R. et al. **Research on Chemical Intermediates** v. 42, p. 7977-7990, 2016.

LARINI, M. M. et al. **Evidência**. v. 17, no 2, p. 105-118, 2017.

MAZLOUM-ARDAKANI, M. et al. **Sensor. Actuat. B** v. 171-172, p. 380-386, 2012.

MENDES, R. K. et al. **Sensor. Actuat. B** v. 166-167, p. 135-140, 2012.