República Federativa do Brasil
Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(21) BR 102017005072-6 A2

(22) Data do Depósito: 14/03/2017

(43) Data da Publicação: 30/10/2018

(54) Título: REATOR FOTOCATALÍTICO COM TIO2 SUPORTADO EM FILMES DE POLIESTIRENO PARA TRATAMENTO DE EFLUENTES CONTENDO CORANTES E RESPECTIVO SISTEMA DE TRATAMENTO DE EFLUENTES

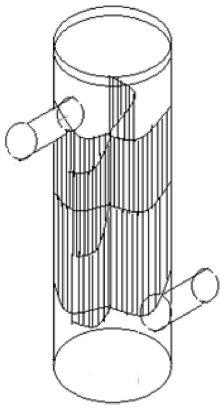
(51) Int. Cl.: C02F 1/30; C02F 1/72; B01J 19/24

(73) Titular(es): UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

(72) Inventor(es): OTIDENE ROSSITER SÁ DA ROCHA; MARTA MARIA MENEZES BEZERRA DUARTE; MARESSA MARIA DE MELO SANTOS; GRAZIELE ELISANDRA DO NASCIMENTO

(85) Data do Início da Fase Nacional: 14/03/2017

(57) Resumo: A presente invenção trata de um reator fotocatalítico, dotado de fotocatalisador impregnado em suportes de poliestireno, para ser utilizado em sistemas de tratamento de efluentes contendo corantes. Esta tecnologia poderá ser aplicada visando eliminar a cor, assim como compostos orgânicos dos efluentes. O suporte impregnado com TiO2 compreende filmes de poliestireno retirados de embalagens descartadas, onde foi impregnado o fotocatalisador e inserido de forma arranjada no interior do tubo de quartzo.



REATOR FOTOCATALÍTICO COM TIO_2 SUPORTADO EM FILMES DE POLIESTIRENO PARA TRATAMENTO DE EFLUENTES CONTENDO CORANTES E RESPECTIVO SISTEMA DE TRATAMENTO DE EFLUENTES

Campo da invenção

01. A presente invenção refere-se a um reator fotocatalítico com TiO_2 suportado em filmes de poliestireno obtidos de embalagens de iogurte para tratamento de efluentes contendo corantes, bem como o sistema de tratamento utilizando o referido reator.

Fundamentos da invenção

02. A presença de corantes em efluentes das indústrias alimentícias leva a um questionamento quanto à eficiência dos tratamentos convencionais, já que compostos como estes podem chegar ao final do tratamento sem serem modificados ou serem apenas parcialmente oxidados. Sendo assim, mesmo em baixas concentrações, os corantes alimentícios quando são descartados no corpo receptor podem gerar efeitos adversos, como bloqueio da luz, inibindo a fotossíntese dos organismos presentes no meio ou ainda efeitos a longo prazo como a bioacumulação (GHAEDI, 2012; BARROS et al. 2014b).
03. Os Processos oxidativos avançados (POA) apresentam-se como técnica eficaz na degradação de corantes alimentícios. Se utilizado com um pré-tratamento, converte compostos com pouca biodegradabilidade para que possam ser degradados pelos micro-organismos e se utilizado como processo principal, objetiva transformar os corantes em compostos inertes ou inofensivos, para que assim os efluentes descartados não causem danos ao meio ambiente. Dentre os POA destacam-se os processos Fenton, foto-Fenton, fotoquímico e fotocatalítico (MARMITT; PIROTTA; STÜLP, 2010; LUNA et al., 2014).
04. Reatores fotocatalíticos tratam a solução segundo o princípio da oxidação dos contaminantes, degradando-os. Quando o semicondutor é irradiado com fótons de energia (hv) maior ou igual que a diferença de energia entre as bandas de condução e valência (bandgap - Eg), elétrons (e−) e lacunas (h+) são gerados, respectivamente, que após sucessivas reações produzem peróxido de

hidrogênio que originam radicais hidroxilas. Estes radicais reagem com o composto orgânico oxidando-o. As lacunas também podem reagir diretamente com o composto orgânico (DEZOTTI et al., 2008; SINGH; MAHALINGAM; SINGH, 2013; RIBEIRO et al., 2015).

05. O dióxido de titânio é um material muito utilizado como fotocatalisador devido a propriedades como estabilidade fotoquímica, ausência de toxicidade, estabilidade química em ampla faixa de pH, absorção de luz UV, baixo custo e por ser insolúvel na maioria das condições submetidas, podendo ser recuperado do processo (MATILAINEN; SILLANPÄÄ, 2010).
06. O dióxido de titânio pode ser inserido no processo em forma de pó ou suportado. A sua utilização em suspensão traz desvantagens como opacidade da solução acarretando dificuldades para a penetração da radiação, também aumenta as perdas e dificulta a sua recuperação após o tratamento, levando à necessidade de uma etapa de separação do fotocatalisador do efluente tratado. Suportar o TiO_2 em substratos tem impulsionado pesquisas (MAGALHÃES; LAGO, 2009; BARROS et al., 2014a; LUDWICHK et al., 2015; ERJAVEC et al., 2016), pois a utilização do fotocatalisador suportado agrega vantagens ao processo, como a minimização de perdas do fotocatalisador e facilidade de recuperação após o tratamento, diminuindo seus custos e etapas.
07. Dentre os substratos utilizados como suporte para o TiO_2 os polímeros se destacam. Segundo relatório do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) do ano de 2012, o plástico era o material com menor taxa de reciclagem. O poliestireno apresentou taxa de reciclagem de 8,8% (IPEA, 2012). Por isso, a inclusão destes materiais em outro processo, de forma não usual, é uma alternativa para melhor destinação deste resíduo.
08. Para a obtenção de melhores resultados na degradação de diversos compostos por processos fotocatalíticos, muitas configurações de reatores têm sido avaliadas.

09. O documento ES2148623 descreve a depuração fotocatalítica de águas residuais utilizando placas múltiplas com nervos produzidos com material plástico contendo o fotocatalisador TiO_2 e a água residual em seu interior. O fotocatalisador está em suspensão, havendo necessidade de filtração após o tratamento.
10. O documento PI0905244-5 A2 propõe um dispositivo para tratamento de efluentes têxteis que consiste em um tanque onde ocorre a reação, com utilização de lâmpadas germicidas e motores com uma haste com pás de agitação e uma bomba centrífuga. Para o processo de tratamento é utilizado um semicondutor em suspensão, que após o tratamento precisa passar por um processo de separação por centrifugação.
11. O documento EP3045430A1 propõe um reator fotocatalítico para descontaminação de água, usado para eliminar os contaminantes presentes na água pela ação combinada de lâmpadas UV e um catalisador. O reator é desenhado para proporcionar uma distribuição uniforme e estável do catalisador suportado a uma distância predeterminada, adequada e invariável em relação à lâmpada. É composto por um corpo tubular ao qual está acoplado uma lâmpada para irradiar as barras contendo o catalisador.
12. Esses processos supracitados, no entanto, ou ainda apresentam custos bastantes elevados ou eficiência pouco satisfatória pois requerem um processo de separação após o tratamento. Desta forma as pesquisas que vem sendo desenvolvidas esforçam-se para aprimorar os processos. Neste sentido a utilização de material residual para suporte do fotocatalisador se apresenta como boa alternativa.

Sumário da invenção

13. A invenção possui a tarefa de degradar os corantes alimentícios presentes na solução utilizando reator fotocatalítico, dotado de filmes de poliestireno impregnados com TiO_2, visando tratamento de efluentes da indústria alimentícia. O reator apresenta o fotocatalisador suportado em filmes de embalagens de iogurte de poliestireno, com o objetivo de facilitar a recuperação do fotocatalisador após o tratamento e reduzir os custos do processo, uma vez que o suporte é obtido de material que seria descartado.
14. O sistema de tratamento inclui o emprego de um reator tubular de quartzo, no interior do qual é colocado o arranjo de filmes, obtidos de embalagens de iogurtes, material residual, e impregnados com TiO_2 pelo processo de imersão. Os filmes são dispostos na forma de duas placas retangulares perpendiculares uma a outra com leves inclinações colocadas no interior do tubo de quartzo, as quais podem ser removidas e substituídas de acordo com a necessidade.

Breve descrição da Figura

15. Na Figura 1 está mostrada uma representação esquemática do sistema de tratamento que utiliza o reator fotocatalítico (Figura 2) com filmes de poliestireno impregnados com TiO_2 (Figura 3).

Descrição detalhada da invenção

16. A presente invenção refere-se a um reator que objetiva o tratamento de efluentes da indústria alimentícia, caracterizado por compreender o fotocatalisador suportado em filmes de poliestireno oriundos de embalagens descartadas de iogurte.
17. Para melhor compreensão e avaliação da invenção sua descrição detalhada está apresentada a seguir com referência às Figuras anexadas a este relatório e que são partes integrantes dele.
18. Dentre os processos oxidativos avançados destacam-se os fotocatalíticos, os reatores que utilizam esse processo têm sido largamente usados para degradação de contaminantes em água, utilizando luz natural ou artificial e

empregando fotocatalisadores, que podem ser usados em suspensão ou imobilizados em um suporte.

19. O reator objeto da invenção faz uso do fotocatalisador suportado em filmes de poliestireno, que foram retirados de embalagens de iogurte, sendo este um material residual, agregando vantagens econômicas ao processo. Suportar o fotocatalisador é uma alternativa para eliminar o problema da opacidade da solução que impede a total radiação da solução tratada. No reator a maior área possível deve ser irradiada, para alcançar uma boa eficiência de tratamento. Por isso, em sistemas com o fotocatalisador imobilizado, a disposição deste deve se dá de modo a permitir que a radiação atinja todo o fotocatalisador.
20. O sistema para tratamento de efluente da indústria alimentícia consiste em filmes de poliestireno com TiO_2 (S) inseridos em um tubo de quartzo (R) onde ocorre a reação, caixa de madeira recoberta de lâminas de alumínio (C), onde estão fixadas lâmpadas germicidas (L1 E L2), banho termostático (F) para controle da temperatura e tanque de aço inox para armazenagem de solução (T) com bomba (B) conforme ilustrado na Figura 1.
21. O reator é constituído por um tubo de quartzo (R), disposto entre as duas lâmpadas germicidas (L1 E L2), este esquema encontra-se dentro de uma caixa de madeira impedindo a penetração de luz externa (C). No interior do tubo encontra-se o arranjo dos filmes impregnados com o fotocatalisador (S). A solução é transferida para o reator impulsionado pela bomba (B), o fluxo é ascendente (1 e 2), após a saída da bomba a solução passa por um trocador de calor (U), onde há a troca de calor pelo fluxo de água resfriada no banho termostático (F). A solução é retirada para análise pela bomba (E).
22. A bomba possui motor acoplado (B) e é feita de material aço inox, também possibilita a retirada do efluente tratado (E), para posterior análise.

23. As lâmpadas germicidas (L1 e L2), que fornecem a radiação ultravioleta necessária para que ocorra a fotodegradação, são fixadas em suportes presos nas lâminas de alumínios que revestem o interior da caixa de madeira (C), sendo que as lâmpadas ficam posicionadas a 6 cm de distância do tubo de quartzo uma em cada lado do reator no sentido longitudinal, cada lâmpada possui potência de 20 W.
24. Os filmes de poliestireno (S) são retirados das embalagens de iogurte, estes filmes são impregnados com TiO_2. A estrutura que é inserida dentro do tubo de quartzo (R) consiste em um arranjo de quatro abas perpendiculares umas às outras, Figura 3, fazendo uma leve inclinação ao longo da distância do centro até tocar a parede do tubo de quartzo, o que permite a fixação ao reator, conforme Figura 2.

Referências

25. GHAEDI M. Comparison of cadmium hydroxide nanowires and silver nanoparticles loaded on activated carbon as new adsorbents for efficient removal of Sunset yellow: Kinetics and equilibrium study. Spectrochimica Acta Part A, v.94, p.346– 351, 2012.
26. BARROS W.R.P.; FRANCO P. C.; STETER J. R.; ROCHA R. S.; LANZA M. R.V. Electro-Fenton degradation of the food dye amaranth using a gás diffusion electrode modified with cobalt (II) phthalocyanine. Journal of Electro analytical Chemistry, v. 46–53, p. 722-723, 2014b.
27. MARMITT, S.; PIROTTA L. V.; STÜLP S. Aplicação de fotólise direta e UV/H_2O_2 a efluente sintético contendo diferentes corantes alimentícios. Quimica Nova, v. 33, No. 2, p. 384-388, 2010.
28. LUNA L. A.V., SILVA T. H.G., NOGUEIRA R. F. P.; KUMMROW F.; UMBUZEIRO G. A. Aquatic toxicity of dyes before and after photo-Fenton treatment. Journal of Hazardous Materials, v. 276, p. 332–338, 2014.

29. DEZOTTI, M.; BASSIN J. P.; BILA D. M.; AZEVEDO E. B.; VALENTIM A. C. S. Processos e técnicas para o controle ambiental de efluentes líquidos. Rio de Janeiro: E-papers, 2008.
30. SINGH S, MAHALINGAM H., SINGH P. K. Polymer-supportedtitaniumdioxidephotocatalysts forenvironmentalremediation: A review. Applied Catalysis A: General. v. 462‐ 463, p. 178‐ 195, 2013.
31. RIBEIRO A. R.; NUNES O. C.; PEREIRA M. F.R.; SILVA A. M.T. Review - An overview on the advanced oxidation processes applied for the treatment of water pollutants defined in the recently launched Directive 2013/39/EU. Environment International, v. 75, p. 33–51, 2015.
32. MATILAINEN A.; SILLANPÄÄ M.Review - Removal of natural organic matter from drinking water byadvanced oxidation processes. Chemosphere, v. 80, p. 351–365, 2010.
33. MAGALHÃES F.; LAGO R.M. Floating photocatalysts based on TiO_2 grafted on expanded polystyrene beads for the solar degradation of dyes. Solar Energy, v. 83, p. 1521–1526, 2009.
34. BARROS A. L.; DOMINGOS A. A. Q.; FECHINE P. B. A.; KEUKELEIRE D.; NASCIMENTO R. F. PET as support material for TiO_2 in advanced oxidation processes. Journal of Applied Polymer Science, DOI:10.1002/app.40175, 2014a.
35. ERJAVEC B.; HUDOKLINB P.; PERC K.;. TISLER T, DOLENC M. S.; PINTAR A. Glass fiber-supported TiO_2 photocatalyst: Efficient mineralization and removal of toxicity/estrogenicity of bisphenol A and its analogs. Applied Catalysis B: Environmental, v. 183, p. 149–158, 2016.
36. LUDWICHK R; HELFERICH O. K.; KIST C. P.;, LOPES A. C.; CAVASOTTO T.; SILVA D. C.; RODRIGUES M. B. Characterization and photocatalytic treatability of red water from Brazilian TNT industry. Journal of Hazardous Materials, v. 293, p. 81-86, 2015.
37. INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). Diagnóstico dos resíduos sólidos urbanos, relatório de pesquisa. Brasília, 2012.

Documentos de patentes citados:

38. ES2148623

39. PI0905244-5 A2

40. EP3045430A1

REIVINDICAÇÕES

1. REATOR FOTOCATALÍTICO PARA TRATAMENTO DE SOLUÇÃO CONTENDO CORANTES caracterizado pelo dito reator compreender um tubo de quartzo no qual em seu interior há um suporte de poliestireno impregnado com TiO_2.
2. SUPORTE DE POLIESTIRENO IMPREGNADO COM TIO_2 PARA TRATAMENTO DE SOLUÇÃO CONTENDO CORANTES, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo dito suporte impregnado TiO_2 ser oriundo de embalagens descartadas de iogurte.
3. REATOR FOTOCATALÍTICO PARA TRATAMENTO DE SOLUÇÃO CONTENDO CORANTES, de acordo com as reivindicações 1 e 2, caracterizado por o referido fotocatalisador (TiO_2) ser suportado em filmes de poliestireno e a estrutura estar arranjada na forma de duas placas retangulares perpendiculares uma a outra com leves inclinações colocadas no interior do tubo de quartzo, o que permite ser removido e substituído. (Figuras 2 e 3).
4. SISTEMA DE TRATAMENTO DE EFLUENTES COM CORANTES utilizando o reator fotocatalítico, descrito nas reivindicações 1 a 3, caracterizado por compreender os seguintes componentes apresentados na Figura 1:
    - Um reator tubular de quartzo (R), disposto entre as duas lâmpadas germicidas (L1 e L2) e no interior do tubo encontra-se o arranjo dos filmes impregnados com o fotocatalisador (S);
    - Um trocador de calor (U), onde há a troca de calor pelo fluxo de água (4 e 5) resfriada no banho termostático (F);
    - \Um tanque (T) de armazenamento de solução, acoplado a uma bomba (B), o qual também possibilita a retirada do efluente tratado (E); o tanque (T) é também provido de uma linha de alimentação (1) de solução que é ligada à entrada (2) do reator tubular (R), cuja vazão é máxima, e uma linha de retorno do efluente tratado (3);

- Lâmpadas germicidas (L1 E L2), que fornecem a radiação ultravioleta necessária para que ocorra a fotodegradação, fixadas em suportes presos nas lâminas de alumínios que revestem o interior da caixa de madeira (C).

FIGURAS

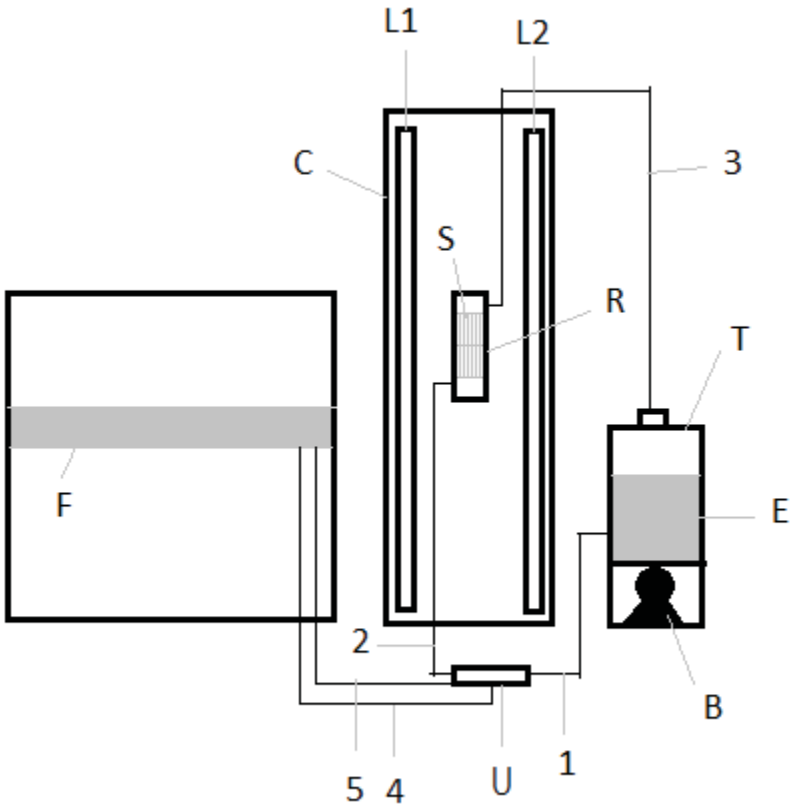


FIG. 1

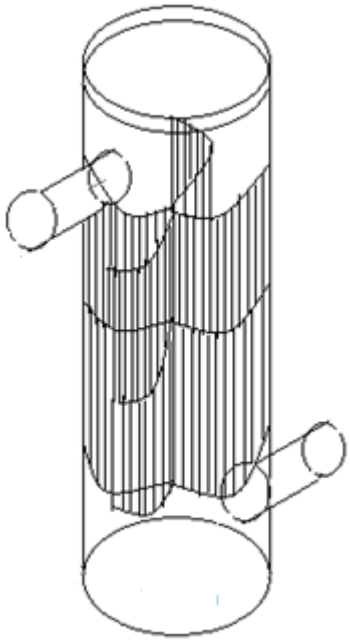


FIG. 2

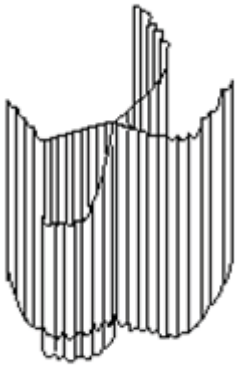


FIG. 3

RESUMO

REATOR FOTOCATALÍTICO COM TIO_2 SUPORTADO EM FILMES DE POLIESTIRENO PARA TRATAMENTO DE EFLUENTES CONTENDO CORANTES E RESPECTIVO SISTEMA DE TRATAMENTO DE EFLUENTES

A presente invenção trata de um reator fotocatalítico, dotado de fotocatalisador impregnado em suportes de poliestireno, para ser utilizado em sistemas de tratamento de efluentes contendo corantes. Esta tecnologia poderá ser aplicada visando eliminar a cor, assim como compostos orgânicos dos efluentes. O suporte impregnado com TiO_2 compreende filmes de poliestireno retirados de embalagens descartadas, onde foi impregnado o fotocatalisador e inserido de forma arranjada no interior do tubo de quartzo.