

“DESENVOLVIMENTO DE UM PURIFICADOR FOTOCATALÍTICO DE DESTRUIÇÃO DE COMPOSTOS ORGÂNICOS VOLÁTEIS (COV) PARA UTILIZAÇÃO EM SISTEMAS DE CONDICIONAMENTO CENTRAL DE AR”

T. P. Silva (1), M. M. Kondo (2), R. D. M. Carvalho (1)

(1)DEM, IEM, EFEI, Av. BPS, 1303, Pinheirinho, CEP: 37500-903, Itajubá MG

(2)DFQ, ICI, EFEI, Av. BPS, 1303, Pinheirinho, CEP: 37500-903, Itajubá MG

Palavras-chave: fotodegradação, TiO₂, irradiação UV, ambientes interiores

RESUMO

Antes da década de 70, os problemas de saúde relacionados com a poluição do ar de ambientes interiores chamavam pouca atenção da comunidade científica. No entanto, o interesse por este assunto tem crescido nos últimos anos, uma vez que é grande o número de pessoas que passam a maior parte do seu tempo em ambientes fechados (Jones, 1999). Foi demonstrado que a concentração de compostos orgânicos voláteis (COV) presentes em ar de ambientes interiores é muito mais elevado que em ar exterior (Yocom, 1982). O ar destes ambientes contém uma mistura complexa de gases provenientes de uma variedade imensa de fontes, tais como produtos de limpeza, desodorantes, gás de cozinha, refrigerantes, inseticidas, solventes de tintas, fumaça de cigarro e muitos outros produtos (Alloway e Ayres, 1993). O número total de contaminantes pode chegar a centenas com uma concentração acumulada de até uma parte por milhão (Obee e Brown, 1995). Dentre os contaminantes, os compostos orgânicos voláteis compreendem 31 do total de 129 poluentes prioritários listados pela agência de proteção ambiental dos Estados Unidos, a U.S. EPA (Jardim et alii, 1994). A má qualidade de ar de ambientes interiores é responsável por sintomas como dor de cabeça, náusea, irritação nos olhos, problemas no sistema respiratório, sonolência e fadiga (Kostiainen, 1995). Estes sintomas foram definidos como Síndrome de Edifício Doente (SED). As causas da poluição do ar de interiores podem ser decorrentes de três fatores: má ventilação, presença de material particulado e contaminação química e microbiológica. Nos dois primeiros casos, o problema pode ser solucionado por filtração e melhora na ventilação. No entanto, o problema com os COV e microrganismos (bactérias, fungos e vírus) causa ainda grande preocupação (Goswami, et alii, 1997). De acordo com a Organização Mundial de Saúde há uma grande variedade de materiais e agentes derivados biologicamente em ambientes interiores, e estes estão associados com diversas doenças e sintomas irritantes, tóxicos e alergênicos (Neto e Siqueira, 1999). Em meados da década de 70, Fujishima e Honda (1972), descobriram que a água era decomposta a hidrogênio e oxigênio em presença de um eletrodo de dióxido de titânio e luz UV. Desde então, inúmeros trabalhos vêm sendo realizados utilizando o sistema TiO₂/UV em várias fotorreações. Dentre as possibilidades de aplicação deste sistema, o emprego na área ambiental tem recebido grande atenção, devido principalmente à possibilidade de se alcançar a mineralização completa de compostos potencialmente tóxicos. O dióxido de titânio é um semicondutor, possuindo portanto uma separação entre a banda de valência (BV) e a banda de condução (BC). A diferença dos níveis de energia entre a BV e a BC é chamada de “bandgap”. O bandgap do TiO₂ é de 3,2 eV (Matthews, 1986; Pruden e Ollis, 1983). Quando os elétrons da BV sofrem excitação, por exemplo pela absorção de fótons, com energia igual ou superior ao do bandgap, estes são promovidos para a BC, resultando na geração de elétrons na BC e lacunas positivas na BV (Smart e Moore, 1992). As lacunas positivas são fortes agentes oxidantes, e são responsáveis pela degradação de inúmeros compostos orgânicos. Embora a grande maioria dos estudos utilize o sistema TiO₂/UV em soluções aquosas, recentemente vários pesquisadores têm dedicado suas atenções na utilização deste processo para destruir COV presentes em fase gasosa (Jardim et alii, 1994; Obee e Brown, 1995).

O objetivo principal deste projeto visou investigar a possibilidade de destruir compostos orgânicos voláteis presentes em atmosferas contaminadas de ambientes fechados, empregando-se o sistema fotocatalítico TiO_2/UV . Este processo poderá ser utilizado para descontaminar atmosferas em ambientes tais como de hospitais, centros cirúrgicos, laboratórios bioquímicos, escritórios, bem como em estações de tratamento de efluentes. Os objetivos específicos foram: imobilização do dióxido de titânio em chapas metálicas; escolha dos compostos orgânicos voláteis e os métodos de quantificação dos mesmos e projetar um fotorreator empregando o TiO_2 na forma imobilizada.

Foi feito um estudo sobre a geometria da célula de fotorreação visando aumentar a turbulência do escoamento dentro do duto de um sistema de ventilação central de modo a otimizar a reação do TiO_2 imobilizado na célula com o ar. Neste processo os raios UV incidissem sobre toda a área de contato da célula com o ar, otimizando a quantidade de ar reagido. Concluiu-se que o conceito de diâmetro hidráulico não se enquadra à geometria proposta. O efeito do tubulador não tem solução trivial, sendo necessário recorrer a métodos empíricos. Segundo Junkhan e colaboradores (1985), esse tipo de tubulador proporciona um aumento de 65% no coeficiente de transferência de calor junto com 160% de aumento no fator de atrito e número de Reynolds, sendo portanto somente possível a obtenção deste parâmetro tendo experimentalmente. O projeto da célula foi feito de modo que a sua altura e largura fossem variáveis, e o comprimento e as dimensões do tubulador fossem constantes, mantendo assim semelhança geométrica dos trabalhos de Junkhan, para validação dos resultados. Variando esses parâmetros (altura e largura) após a construção da célula, espera-se chegar ao ponto ótimo que atenda os parâmetros de controle, fixando assim uma dimensão para o reator completo. O projeto se encontra detalhado e dimensionado segundo normas da ABNT. O processo de fabricação da célula está sendo estudado, e será mostrado em outra oportunidade.

A figura 1 mostra o desenho em sua fase atual, utilizando modelamento sólido e wireframe no AutoCAD2000. Através deste software foi possível fazer a simulação de iluminação e espaçamento dos componentes.

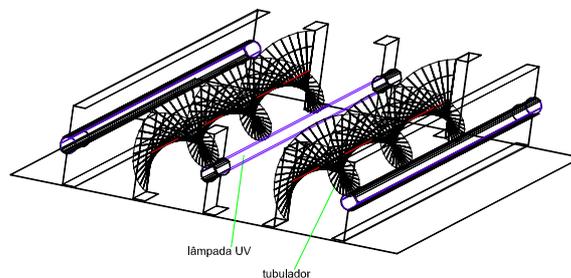


Figura 1 – Ilustração esquemática de uma célula do fotorreator contendo três lâmpada de luz negra e construída em chapa metálica contendo o TiO_2 imobilizado na parede interna do mesmo.

Sobre a escolha da superfície metálica, optou-se por utilizar o alumínio por apresentar melhor aderência do TiO_2 , possuir boa maleabilidade e não sofrer corrosão.

O processo de imobilização consistiu em preparar uma suspensão contendo 12 g de TiO_2 (P-25, Degussa Company), 4 mL de água destilada e 0,4 mL de acetilacetona (Aldrich Chemical Company). Homogeneizou-se esta suspensão por 10 minutos em um moinho de bolas e banho de ultra-som. A esta pasta adicionou-se mais 25 mL de água e 0,2 mL de TritonTM X-100. A aplicação foi feita por meio de um pincel para homogeneizar a camada de depósito e o processo de secagem foi feito em mufla à 450°C durante 2 horas

A escolha dos COV foi feita com base em artigos publicados sobre SED (Wolkoff e Nielsen, 2001; Jones, 1999; Fujishima et al, 2000; Kostianen, 1995). Dentre os 200 compostos orgânicos voláteis identificados e presentes em ambiente interiores, optou-se por

estudar o tolueno e o formaldeído, por serem mais comuns e aparecerem em maiores concentrações (Fanger, 2001; Thörn,1998; Yu e Crump, 1998; Jones, 1998).

As amostras gasosas foram coletadas na entrada e na saída do fotorreator, utilizando uma seringa do tipo “gastight”, e analisadas em um cromatógrafo gasoso com detector de FID, seguindo o método NIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM) 2541 para formaldeído e tolueno.

A partir do presente trabalho, pode-se concluir que o processo de imobilização do TiO₂ foi otimizado para chapas metálicas. O material escolhido para imobilização do catalisador foi o alumínio por apresentar melhor aderência do TiO₂, ser maleável e não sofrer corrosão. A escolha dos COV foi feita com base na frequência e abundância que aparecem na atmosfera de ambientes interiores, sendo assim, optou-se por estudar o tolueno e o formaldeído. O método para quantificação segue a norma NIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM) 2541. O projeto do fotorreator se encontra detalhado e dimensionado segundo normas da ABNT utilizando modelamento sólido e wireframe no AutoCAD2000. Simulações de iluminação e espaçamento dos componentes foram realizadas com êxito.

Aguarda-se a construção do fotorreator para analisar a possibilidade de se empregar este sistema acoplado a sistemas de refrigeração central de ambientes.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a FAPEMIG, Fundação de Amparo e Pesquisa de Minas Gerais, pelo suporte financeiro ao projeto TEC349/99 pela bolsa de Iniciação Científica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alloway, B.J. e Ayres, D.C. (1993). “Chemical Principals of Environmental Pollution”. Blackie Academic and Professional, NY, 1^a edição.
- Fanger, P.O. (2001). Int. J. Refrigeration, **24**:148-153.
- Fujishima, A. Honda, K. (1972). Nature, **238**:37-28.
- Fujishima, A.; Rao, T. N. ; Tryk, D.A. (2000). J. Photochem. Photobiol, C: Photo Chem. Reviews, **1**:1-21.
- Goswami, D.Y; Triverdi, D.M, Block, S.S (1997). Transactions of the ASME, **119**:92-96.
- Ireland, J. C.; Klostermann, P.; Rice, E. W. e Clark, R. M. (1993). Appl. Environ. Microbiol., **59**:1668-1670.
- Jardim, W.F.; Alberici, R.M.; Takiyama, M.M.K. e Huang, C.P. (1994). In: "Hazardous and industrial wastes procedings." 26th Mid-Atlantic industrial waste conference. Ed. C.P. Huang, pp. 230-238.
- Jones, A.P. (1999). Atmospheric Environ., **33**:4535-4564.
- Junkhan, G.H.; Bergles, A.E.; Nirmalan V.; Revigururajan, T. (1985). J. Heat Transfer., **107**:354-360.
- Kostiainen, R. (1995). Atmospheric Environ., **29**:693-702.
- Matthews, R. W. (1986). Wat. Res., **20**:569-578.
- Neto, F.K e Siqueira, L.F.G. (1999). BRASINDOOR, **2**:1-12.
- Obee, T.N. e Brown, R.T. (1995). Environ. Sci. Technol., **29**:1223-1231.
- Pruden, A. L. e Ollis, D. F. (1983). J. Catal., **82**:404-417.
- Smart, L. e Moore, E. “Solid State Chemistry - An Introduction”. Chapman & Hall, NY, chap. 2 (1992).
- Thörn, A. (1998). Soc. Sci. Med., **47**:1307-1312.
- Wolkoff, P. e Nielsen, G.D. (2001). Atmospheric Environ., **35**:4407-4417.
- Yocom, J. (1982). J. Air Pollut. Control Assoc., **32**:500.
- Yu, C. e Crump, D. (1998). Building and Environ. **33**:357-374.