



Efeito da intensidade de radiação UV sobre a atividade fotocatalítica na degradação de NO_x

Eduardo Borges Lied ¹, Ana Paula Trevisan ², Paolo Caspani ³, Camilo Freddy Mendoza Morejon ⁴

¹ Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Medianeira
eduardolied@utfpr.edu.br

² Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel (anapaullatrevisan@gmail.com)

³ Caspani Srl, Origgio, Itália (info@caspanisrl.it)

⁴ Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo (camilo_freddy@hotmail.com)

Resumo

Para a degradação fotocatalítica do NO_x em fase gasosa foi desenvolvido um reator ao qual foi incorporado um material de gesso cartonado revestido com tinta fotocatalítica de nome comercial Fotosan®. A intensidade de radiação UV foi avaliada como parâmetro operacional de desempenho do reator. As taxas de conversão foram estudadas para diferentes intensidades de radiação (10 e 20 W m⁻²). O ensaio com intensidade de 20 W m⁻² obteve maior valor cinético do que a intensidade de 10 W m⁻². Os resultados sugerem que a intensidade de radiação UV tem uma influência importante sobre a velocidade de reação de degradação fotocatalítica.

Palavras-chave: NO e NO₂. Velocidade de reação. Tinta fotocatalítica.

Área Temática: Tecnologias Ambientais

Effect of UV intensity on photocatalytic activity on NO_x degradation

Abstract

For the photocatalytic degradation of NOx in the gas phase, a reactor was developed to which a photocatalytic coated gypsum material coated with commercial name Fotosan® was incorporated. The UV radiation intensity was evaluated as the operational parameter of the reactor performance. The conversion rates were studied for different radiation intensities (10 and 20 W m⁻²). The test with intensity of 20 W m⁻² obtained higher kinetic value than the intensity of 10 W m⁻². The results suggest that the intensity of UV radiation has an important influence on the reaction rate of photocatalytic degradation.

Key words: NO and NO₂. Kinetics. Photocatalytic paint.

Theme Area: Environmental Technologies

1 Introdução

De acordo com Martinez et al. (2011), em um ambiente urbano, o ar é poluído por óxidos nitrogenados (NO_x = NO + NO₂) produzidos por atividade humana intensiva, especialmente o transporte. Em áreas de convivência, o NO_x é produzido por dispositivos domésticos de combustão, como queimadores de gás para cozinhar e pela infiltração de poluição externa. Na



6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018

verdade, nas áreas urbanas, os níveis de concentração de poluição são muito similares dentro e fora e podem atingir até 1,0 ppm.

Nos últimos anos é possível constatar a existência de um grande interesse voltado para os processos de oxidação especialmente via fotocatálise heterogênea devido ao seu expressivo potencial em degradar uma ampla gama de poluentes gasosos, capacidade esta realizada sem exigências de energia significativas para o processo, pois conforme Chen e Poon (2009), a fotocatálise tem como vantagem principal a necessidade apenas de energia fotônica, o que contrasta com as reações de catálise convencional que necessitam de calor para a ativação.

Estudos em tintas fotocatalíticas mostraram sua capacidade de degradar NO_x. Maggos et al. (2007) realizaram testes de despoluição em uma área artificialmente fechada, que foi poluída por gases (NO_x) gerados a partir de um escapamento de carro. A superfície do teto do parque de estacionamento foi coberta com tinta acrílica branca contendo TiO₂. Os resultados mostraram uma oxidação fotocatalítica significativa dos gases poluentes.

2 Metodologia

2.1 Amostras

A amostra constitui-se em placas de gesso cartonado de 10 cm × 10 cm × 1 cm com uma deposição de tinta fotocatalítica da marca Fotosan®. A amostra foi analisada sem submetê-la a qualquer pré-tratamento.

A preparação das amostras foi feita através da aplicação de tinta Fotosan® via nebulização com uma bomba especial de baixa pressão. As amostras foram encaminhadas ao Departamento de Química da Universidade de Torino, na Itália, para a realização dos ensaios de degradação fotocatalítica de NO_x.

2.2 Ensaios de degradação fotocatalítica

O teste de degradação fotocatalítica de NO_x na presença da amostra foi realizado utilizando o método de análise descrito em UNI 11484 (Determinação da atividade fotocatalítica com Método Tangencial de Fluxo Contínuo - Redução de Óxido Nítrico).

Os ensaios de atividade fotocatalítica das amostras em questão foram realizados utilizando duas intensidades de irradiação: 10 e 20 W m⁻² na faixa espectral do UV.

Após 180 minutos de tempo de irradiação, a taxa de fluxo dentro do reator não foi alterada, sendo o poder radiante aumentado para 20 W m⁻² continuando a irradiação por mais 60 minutos. Após 240 minutos de irradiação total, o teste foi concluído.

A determinação do teor de NO/NO₂ nos fluxos foi feita por um medidor de quimioluminiscência APNA 370.

O reator fotocatalítico possui volume interno de 3,6 dm³. O estado de mistura dentro do reator é assegurado por um ventilador axial compacto (60 × 60 × 32 mm) que fornece um fluxo nominal de 70 m³ h⁻¹.

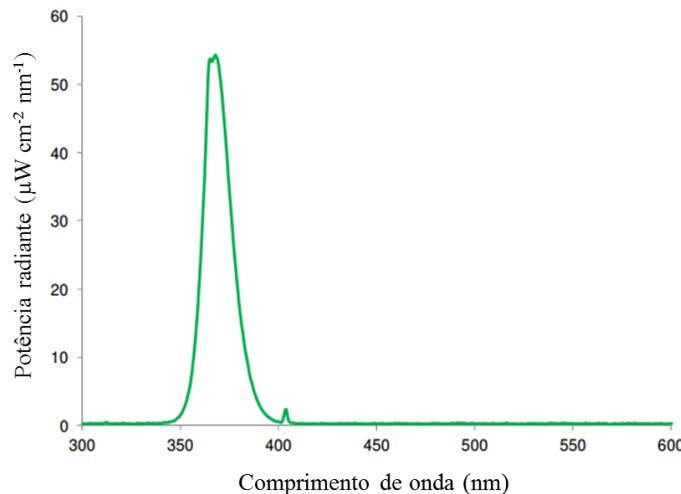
A irradiação foi feita por um conjunto de duas lâmpadas de fluorescência da marca Philips 9W cujo espectro de emissão é mostrado na Figura 1.



6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018

Figura 1 – Espectro de emissão de lâmpada Philips PL-S 9W / 2P BLB (a potência radiante foi medida na mesma posição que a amostra é colocada).



A intensidade de radiação incidente na amostra foi de 10 e 20 W m⁻² entre 290 e 400 nm. Essa intensidade foi avaliada usando um espectrofotômetro UV-VIS Ocean Optics. O espetrorradiômetro foi calibrado com uma lâmpada Ocean-Optics DH-2000-CAL Deuterium-halogênio de luz para medições UV-Vis-NIR.

As condições dos ensaios estão resumidas na Tabela 1.

Tabela 1 – Condições dos ensaios de degradação fotocatalítica de NO_x.

Concentração inicial de óxidos de nitrogênio antes de entrar no reator	$C_{NO}^{IN} = 0,517 \text{ ppmv}$
Fluxo de gás	$C_{NO_2}^{IN} = -0,010 \text{ ppmv}$
Temperatura interna do reator	$Q = 1,608 \text{ dm}^3 \text{ min}^{-1}$
Umidade relativa interna do reator	$T = 27,4 \text{ }^\circ\text{C}$
Irradiação da lâmpada na superfície da amostra (290-400 nm)	$UR = 41,6\%$
	$I_1 = 10 \text{ W m}^{-2}$
	$I_2 = 20 \text{ W m}^{-2}$

3 Resultados e Discussão

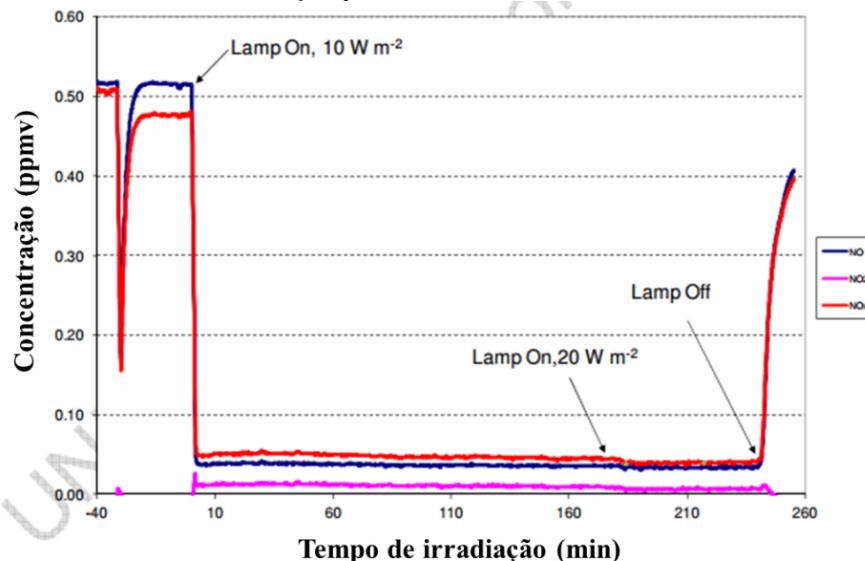
O gráfico que mostra a evolução das concentrações de NO e NO₂ durante as várias etapas do teste é mostrado na Figura 2.



6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

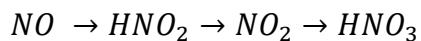
Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018

Figura 2 – Perfis de concentração para NO, NO₂ e NO_x durante o teste fotocatalítico.



A Figura 2 mostra a evolução típica das concentrações de NO, NO_x e NO₂ ao longo do tempo (min). Observa-se que a concentração diminuiu imediatamente devido ao tempo de enchimento da célula e à adsorção nas superfícies. Após a saturação, a concentração de NO retornou ao valor inicial e as reações photocatalíticas foram iniciadas ligando a lâmpada.

A degradação de óxidos de nitrogênio por photocatalise leva à oxidação de NO a NO₂, que, por outro lado, segundo Martinez et al. (2011) produz íons de nitrito e nitrato de acordo com a seguinte reação:



A formação de NO₂ pela oxidação do NO é identificada na Figura 2 logo após o início da irradiação (“Lamp on”), pois a partir deste instante passam a ser registradas concentrações NO₂ até o fim da irradiação UV.

Os resultados da medição da atividade photocatalítica estão resumidos na Tabela 2. As conversões e as velocidades relatadas referem-se aos valores médios obtidos após 180 minutos de irradiação a 10 W m⁻² e após os 60 minutos subsequentes de irradiação a 20 W m⁻².

Tabela 2 – Resultados das medidas para irradiação a 10 W m⁻² após 180 minutos de irradiação e 20 W m⁻² após 240 minutos de irradiação.

Amostra	$\eta_{NO,i}^{total}$ (%)	$\eta_{NO_x,i}^{total}$ (%)	$r_{NO,i}^{foto}$ ($\mu\text{g m}^{-2} \text{ h}^{-1}$)	$r_{NO_x,i}^{foto}$ ($\mu\text{g m}^{-2} \text{ h}^{-1}$) ^[i]
10 W m⁻²				
Fotosan [ii]	93	91	79.840	119.370
20 W m⁻²				
Fotosan [ii]	93	92	83.950	125.970

[i] A taxa de conversão photocatalítica de NO_x é expressa como equivalentes de μg de NO₂ convertido por m^2 de amostra em 1 hora.

[ii] A amostra mostra conversões em condições de teste (10 W m⁻² e 20 W m⁻²) superiores a 70%, portanto sua atividade é tão alta que está limitada por efeitos de transferência de massa.



6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018

Os resultados da Tabela 2 evidenciam que o aumento da intensidade de radiação (W m^{-2}) incrementa a velocidade de reação, pois as velocidades de reação apresentaram uma diferença significativa entre as intensidades de 10 e 20 W m^{-2} , mais precisamente $4.110 \mu\text{g m}^{-2} \text{ h}^{-1}$. Em termos de eficiência global não houve diferença entre as intensidades de radiação. As eficiências para 10 e 20 W m^{-2} foram 91 e 92%, respectivamente.

4 Conclusão

Nos testes de degradação fotocatalítica foram obtidas eficiências de até 92% para uma intensidade de radiação de 20 W m^{-2} .

O aumento da intensidade de radiação, de 10 para 20 W m^{-2} , incrementou a velocidade de reação em $4.110 \mu\text{g m}^{-2} \text{ h}^{-1}$. Conclui-se que a intensidade de radiação influencia significativamente a cinética de reação fotocatalítica.

5 Referências

MAGGOS, T.; BARTZIS, JG.; LIAKOU, M.; GOBIN, C. *Photocatalytic degradation of NO_x gases using TiO₂-containing paint: A real scale study*. **Journal of Hazardous Materials**. 2007; 146:668-673.

MARTINEZ, T.; BERTRON, A.; RINGOT, E.; ESCADEILLAS, G. *Degradation of NO using photocatalytic coatings applied to different substrates*. **Building and Environment**. 2011; 46:1808-1816.

CHEN, J.; POON, C. *Photocatalytic construction and building materials: From fundamentals to applications*. **Building and Environment**. 2009; 44:1899-1906.