



## CONTROLE DE POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA POR PLACAS CERÂMICAS COMERCIAS COM NANO-TiO<sub>2</sub> EM LUZ ULTRAVIOLETA DE 254 NM

**Resumo:** A poluição atmosférica e seus efeitos para a saúde pública em ambientes internos e externos tem sido alvo frequente de discussões e estudos em artigos científicos. Dentre os poluentes atmosféricos, os Compostos Orgânicos Voláteis (COVs), especialmente o benzeno, são considerados os mais perigosos à saúde humana. A exposição aos COVs em concentrações elevadas pode levar ao desenvolvimento de câncer e alterações neurológicas. Em ambientes internos os COVs são um dos principais causadores do problema crescente da Síndrome dos Edifícios Doentes (SED). A síndrome é associada aos edifícios antigos cujos materiais construtivos utilizados apresentam substâncias classificadas como COVs em sua composição. Atualmente umas das iniciativas mais modernas, mas pouco utilizadas para reduzir esse efeito, tem sido o uso de tecnologias de degradação por fotocatalise dos COVs presentes no ar desses interiores. O objetivo desta pesquisa é avaliar a decomposição do benzeno por placas cerâmicas recobertas com nano partículas de TiO<sub>2</sub> quando exposto à radiação UV. Os ensaios estão sendo realizados utilizando uma câmara adaptada para simular um ambiente interno de um edifício. A degradação do benzeno está sendo quantificada por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas, com coleta da amostra em headspace por micro extração em fase sólida (GC-MS/HS-SPME). Os resultados preliminares indicaram a efetividade da placa cerâmica na degradação de benzeno por meio do fenômeno da fotocatalise por nano-TiO<sub>2</sub> contido na cerâmica irradiada com luz ultravioleta de 254 nm. Foi observada uma redução de até 40% da concentração de benzeno na câmara de simulação após 120 minutos de experimento.

**Palavras-chave:** Controle de poluição, Fotocatalise, TiO<sub>2</sub>.



## ATMOSPHERIC POLLUTION CONTROL BY COMMERCIAL CERAMIC WITH NANO-TiO<sub>2</sub> IN ULTRAVIOLET LIGHT OF 254 NM

**Abstract:** Air pollution and its effects on public health in indoor and outdoor environments has been a target of frequent discussions and studies in scientific articles. Among atmospheric pollutants, volatile organic compounds (VOCs), especially benzene, are considered the most dangerous to human health. Exposure to VOCs in high concentrations can take to cancer and neurological disorders. Indoor VOCs are a major cause of the growing problem of Sick Building Syndrome (SBS). The syndrome is associated with old buildings whose construction materials have substances classified as VOCs in its composition. Currently one of the most modern initiatives, but less used to reduce this effect, has been the use of technologies by photocatalysis degradation of VOCs in the air these interiors. The objective of this research is to evaluate the decomposition of benzene by ceramic plates coated with nano TiO<sub>2</sub> particles when exposed to UV radiation. The tests are being carried out using a camera adapted to simulate an internal of a building environment. The benzene degradation is being quantified by gas chromatography-mass spectrometry with sample collection in headspace by solid phase micro extraction (GC-MS / HS-SPME). The preliminary results indicate the effectiveness of the ceramic plate on the benzene degradation through the photocatalysis phenomenon of nano-TiO<sub>2</sub> contained in the ceramic irradiated with ultraviolet light at 254 nm. A reduction of up to 40% of the benzene concentration in the simulation chamber after 120 minutes of experiment was observed.

**Keywords:** Pollution control, Photocatalysis, TiO<sub>2</sub>.



## 1. INTRODUÇÃO

A poluição atmosférica e os seus efeitos para a saúde humana em ambientes internos ou externos tem sido foco de inúmeras discussões e estudos científicos. Dentre os poluentes, os Compostos Orgânicos Voláteis (COVs), em sua grande maioria, são considerados narcóticos e depressores do sistema nervoso central; são causadores de irritações nas vias respiratórias e na pele. A exposição aos COVs em concentrações elevadas pode levar à alterações neurológicas e desenvolvimento de câncer. Em ambientes internos os COVs são um dos principais causadores do problema crescente da Síndrome dos Edifícios Doentes (SED). A síndrome é observada principalmente nas grandes metrópoles, associada aos edifícios antigos e àqueles cujos materiais construtivos utilizados apresentam as substâncias classificadas como COVs em sua composição.

Recentemente, a técnica da degradação fotocatalítica com base no  $TiO_2$  tem ganhado força desde a descoberta do seu mecanismo, o chamado efeito Honda-Fujishima. Revestimentos cerâmicos contendo superfície ativa de  $TiO_2$  demonstraram a capacidade em oxidar os gases. Esses materiais são usualmente comercializados na Europa, e recentemente sua comercialização foi iniciada no Brasil. Tal sistema apresenta capacidade fotocatalítica, sendo ativadas pela radiação UV presente na luz solar (5% UV) ou em sistemas artificiais.

Neste contexto, esse projeto propõe o estudo da degradação de COVs existentes no interior de edificações com o uso de placas cerâmicas comerciais revestidas de uma superfície ativa de nanoestruturas de  $TiO_2$ . A proposta é verificar se essas placas comerciais tem as características construtivas necessárias para a ocorrência do fenômeno da fotocatalise. Em se confirmando esta capacidade, os revestimentos cerâmicos poderão ser utilizados para a purificação do ar interno de edificações podendo ser um dos processos mitigadores da SED em edifícios existentes, portanto auxiliando nesse importante problema de saúde pública.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1. Placa cerâmica e câmara de simulação

Placas cerâmicas comerciais com revestimento de Nano- $TiO_2$  foram adquiridas da empresa Gail Revestimentos e cortadas por jato d'água computadorizado de alta pressão (60.000 psi) na medida de 8 cm de altura por 18 cm de comprimento. Foram utilizadas duas placas cortadas nessa medida para os testes na câmara de simulação e para o efeito da fotocatalise foi empregada uma lâmpada de UV 254 nm do tipo T5 de 4 W. O COV escolhido para esse experimento foi o benzeno com o uso da quantidade de 20  $\mu$ l volatilizado por meio de aquecimento para o volume total da câmara.

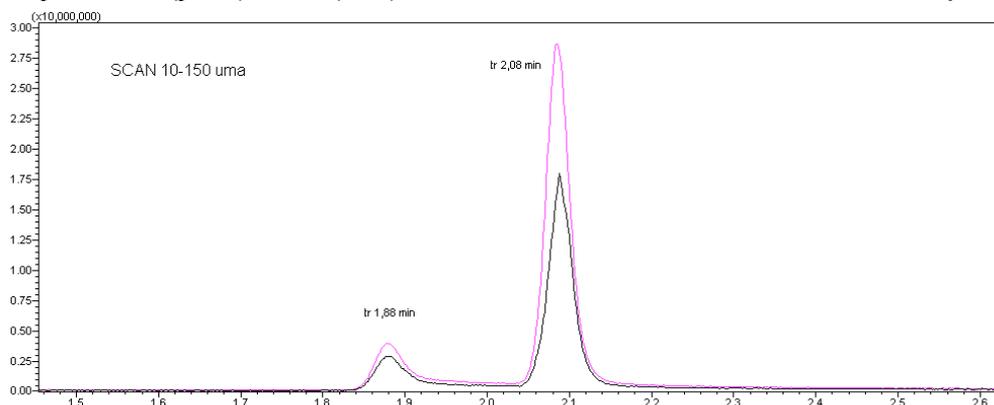
### 2.2. Análise da degradação

A degradação do benzeno foi quantificada por diferença de áreas de pico em cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas, com coleta da amostra em headspace por micro extração em fase sólida (GC-MS/HS-SPME). O período do experimento foi de 120 minutos com amostragens a cada 30 minutos.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas análises de GC-MS foram encontradas diferenças de áreas de pico cromatográficos (figura 1) entre o experimento com a ativação da luz ultravioleta de 254 nm e sem a ativação desta luz. Estes dados demonstram a existência do fenômeno da fotocatalise e seu respectivo efeito Honda-Fujishima.

Figura 1: Cromatograma de CG-MS na forma SCAN mostrando a diferença dos picos com (preto) e sem (rosa) o uso da luz UV 254 nm na câmara de simulação



Fazendo o devido tratamento dos dados e expurgando o branco da câmara (3%), nos gráficos apresentados (figura 2), verifica-se que da redução total de 40% na concentração inicial de benzeno na câmara de simulação com seu detalhamento da divisão (figura 3).

Figura 2: Gráficos resumidos dos ensaios de degradação com detalhe da composição da degradação de acordo com o efeito estudado

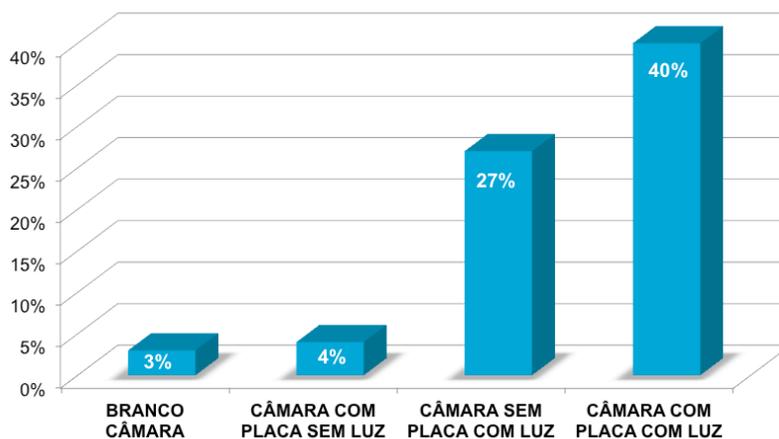
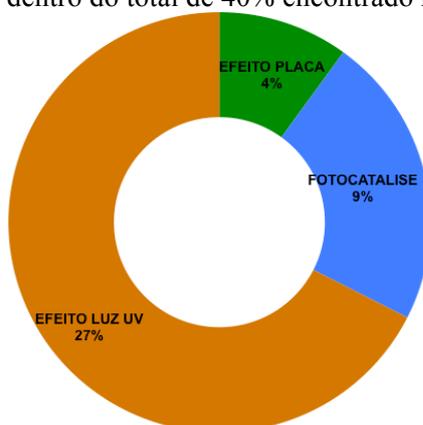


Figura 3: Detalhe da composição da degradação de acordo com o efeito estudado dentro do total de 40% encontrado no experimento



A redução de 40% na concentração de benzeno na câmara de simulação serve de uma nova esperança para a mitigação de poluentes atmosféricos internos como os COVs, fazendo com que essa proposta emergente para tratamento dos edifícios com SED seja uma realidade possível para as grandes metrópoles.

Salienta-se nesse estudo que apesar do objetivo ser a avaliação da reação de fotocatalise, observa-se claramente um efeito altamente positivo do uso individual da luz UV 254 nm dentro da câmara de simulação, o qual neste ponto, a degradação do COV estudado apresentou resultado maior que a redução placa mais luz. Essa observação remete a necessidade de uma observação mais detalhada futuramente com novos estudos.

Quanto à fotocatalise, o percentual aparentemente baixo de 9% do total de 40% pode ser derivado de algumas hipóteses como a qualidade do Nano-TiO<sub>2</sub> empregado na cerâmica comercial; a possível degradação de parte da estrutura de anatase e rutilo devido a uso de temperaturas próximas a faixas conhecidas como perigosas para esses nano cristais (acima de 700° C); ou ainda outros como a melhor equalização do benzeno da câmara de simulação com o uso de temperaturas mais altas (acima de 35° C). Porém todas essas hipóteses só podem ser verificadas com novos estudos mais aprofundados.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar de uma necessidade de estudos mais aprofundados, para respostas adicionais quanto aos motivos do percentual da fotocatalise ocorrido e ao aspecto da influencia da luz UV 254 nm individualmente na degradação, a cerâmica comercial com Nano-TiO<sub>2</sub> tem as características que são necessárias para a ocorrência do efeito de fotocatalise e assim para degradação de COVs. Portanto esta sim pode ser utilizada como alternativa mitigadora a SED conforme a proposta apresentada.

#### *Agradecimentos*

Ao CROMA, Laboratório de Cromatografia do Instituto de Química da Universidade de São Paulo - Campus de São Carlos pelo apoio nas inúmeras análises de CG-MS. Ao Laboratório de Construção Civil do Instituto de Arquitetura da Universidade de São Paulo - Campus de São Carlos pelo apoio logístico e didático. A empresa LGV por gentilmente apoiar com os cortes computadorizados com base jato d'água na cerâmica comercial com nano-TiO<sub>2</sub>.



## REFERÊNCIAS

AZUMA, Kenichi; UCHIYAMA, Iwao; IKEDA, Koichi. **The risk screening for indoor air pollution chemicals in Japan**. Estados Unidos: Risk Analysis, 2007, 15 p.

BIRNIE, Michael; RIFFAT, Saffa; GILLOTT, Mark. **Photocatalytic reactors: design for effective air purification**. Reino Unido: International Journal of Low-Carbon Technologies, 2006, 11 p.

HASHIMOTO, Kazuhito; IRIE, Hiroshi; FUJISHIMA, Akira. **TiO 2 photocatalysis: A historical overview and future prospects**. Japão: Japanese Journal of Applied Physics, 2005, 16 p.

JONES, Andy Peter. **Indoor air quality and health**. Reino Unido: Atmospheric Environment, 1999, 29 p.

YU, Chuck; KIM, Jeong. **Photocatalytic Oxidation for Maintenance of Indoor Environmental Quality**. Indoor and Built Environment, Reino Unido: Indoor and Built Environment, 2013, 12 p.