



República Federativa do Brasil  
Ministério do Desenvolvimento, Indústria  
e Comércio Exterior  
Instituto Nacional de Propriedade Industrial

(21) BR 20 2013 003717-1 U2

(22) Data de Depósito: 18/02/2013  
(43) Data da Publicação: 29/10/2014  
(RPI 2286)



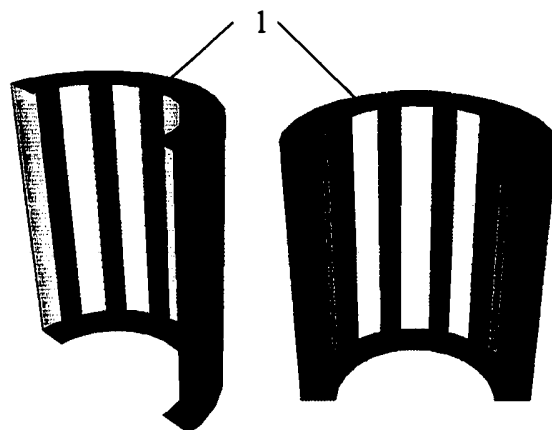
(51) *Int.Cl.:*  
C02F 1/00  
B01J 35/00

(54) **Título:** APARATO FOTOCATALÍTICO

(73) **Titular(es):** Universidade Federal do Rio Grande do Sul

(72) **Inventor(es):** Annelise Kopp Alves, Carlos Perez Bergmann,  
Felipe Amorim Berutti

(57) **Resumo:** APARATO FOTOCATALÍTICO. O presente pedido de patente de modelo de utilidade se refere a um aparato para avaliação da atividade fotocatalítica compreendendo um sistema para obter a degradação dos compostos orgânicos presentes no efluente ou na solução de forma mais eficiente.



## **Relatório Descritivo de Modelo de Utilidade**

### **APARATO FOTOCATALÍTICO**

#### **Campo da Invenção**

5 O presente pedido de patente de modelo de utilidade se refere a um aparato para avaliação da atividade fotocatalítica compreendendo um sistema para obter a degradação dos compostos orgânicos presentes no efluente ou na solução de forma mais eficiente. Especificamente, a presente invenção pertence ao campo da engenharia química.

10

#### **Antecedentes da Invenção**

A fotocatalise heterogênea tem sua origem na década de setenta quando pesquisas em células fotoeletroquímicas começaram a ser desenvolvidas com o objetivo de produção de combustíveis a partir de 15 materiais baratos, visando a transformação da energia solar em química. Em 1972, Fujishima e Honda descreveram a oxidação da água em suspensão de  $\text{TiO}_2$  irradiado em uma célula fotoeletroquímica, gerando hidrogênio e oxigênio. A possibilidade de aplicação da fotocatalise à descontaminação foi explorada pela primeira vez em 1983 quando foi demonstrada a total mineralização de 20 clorofórmio e tricloroetileno para íons inorgânicos durante iluminação de suspensão de  $\text{TiO}_2$ . Desde então, a fotocatalise heterogênea vem atraindo grande interesse de diversos grupos de pesquisa de todo o mundo devido à sua potencialidade de aplicação como método de destruição de poluentes.

Nos processos fotocatalíticos é fundamental a presença de um 25 catalisador, em geral um composto inorgânico, mais especificamente um óxido como o óxido de titânio, óxido de zinco, entre outros. Neste processo devem existir cinco participantes fundamentais: o catalisador, a água, o composto orgânico a ser degradado, uma fonte de luz que ative o catalisador e o oxigênio.

30 O princípio da fotocatalise heterogênea envolve a ativação de um semicondutor (geralmente  $\text{TiO}_2$ ) por luz solar ou artificial. Um semicondutor é

caracterizado por bandas de valência e bandas de condução sendo a região que as separa chamada de *bandgap*. A absorção de fótons com energia superior à energia de *bandgap* resulta na promoção de um elétron da banda de valência para a banda de condução com geração concomitante de uma lacuna ( $h^+$ ) na banda de valência. Estas lacunas possuem potenciais bastante positivos, na faixa de +2,0 a +3,5 V medidos contra um eletrodo de calomelano saturado, dependendo do semicondutor e do pH do meio. Este potencial é suficientemente positivo para gerar radicais  $OH^-$  a partir de moléculas de água absorvidas na superfície do semicondutor, os quais podem subseqüentemente oxidar o contaminante orgânico. A eficiência da fotocatalise depende da competição entre o processo em que o elétron é retirado da superfície do semicondutor e o processo de recombinação do par elétron/lacuna o qual resulta na liberação de calor.

No processo fotocatalítico em solução aquosa, o catalisador é ativado pela ação de radiação, em especial no caso do óxido de titânio, esta radiação preferencialmente deve ser na faixa do ultravioleta, com comprimento de onda em torno de 365nm.

No âmbito patentário, foram localizados alguns documentos relevantes que serão descritos a seguir.

O documento US 2010/0045979 revela um aparato catalítico compreendendo uma fonte de radiação visível ou UV, um sistema de controle de Temperatura, um sistema de agitação, diferentes substâncias (inclusive  $TiO_2$ ), espectrofotômetro um uma câmara selada sob regime de batelada.

O documento EP 0 306 301 revela um aparato fotocatalítico compreendendo fonte de radiação visível ou UV, sistema de controle de temperatura, catalisador de matriz de  $TiO_2$ .

O documento EP 0 187 0379 revela fonte de radiação UV, sistema de controle de temperatura, matriz catalisadora, regime contínuo, reservatório de água poluída, canalização para transporte da água.

A presente invenção difere de todos os documentos apresentados apresentar um aparato fotocatalítico compreendendo um sistema composto por

um conjunto de lâmpadas, preferencialmente 12 lâmpadas, e um frasco reator com volume fixo, sendo possível obter uma rápida degradação dos compostos orgânicos presentes no efluente ou solução de forma rápida e eficaz.

5 Por exemplo, utilizando-se lâmpadas UV de 8W é possível conseguir com o sistema proposto uma dose de aproximadamente 100mJ/cm<sup>2</sup> e, no interior do frasco reator uma dose aproximada de 60mJ/cm<sup>2</sup> atingem a amostra.

10 Em vista disso, se obtém um tempo bastante reduzido de reação, aumentando a eficiência do sistema fotocatalítico. Em geral, um tempo de no máximo 45 minutos são necessários para se atingir a degradação completa de um corante como o azul de metileno na concentração de 20ppm, em presença de apenas 0,05g de catalisador.

15 Do que se depreende da literatura pesquisada, não foram encontrados documentos antecipando ou sugerindo os ensinamentos da presente invenção, de forma que a solução aqui proposta possui novidade e atividade inventiva frente ao estado da técnica.

### **Sumário da Invenção**

20 É um objeto da presente invenção um aparato fotocatalítico compreendendo: (1) sistema de iluminação; (2) sistema de agitação magnética; (3) sistema de borbulhamento de ar; (4) frasco reator.

25 Em uma realização preferencial, o sistema de iluminação (1) compreende um sistema de iluminação capaz de emitir uma dose de cerca de 100mJ/cm<sup>2</sup> no exterior do frasco e uma dose de cerca de 60mJ/cm<sup>2</sup> no interior do frasco atingem a amostra.

Em uma realização preferencial, o sistema de iluminação (1) compreende dois aparatos cilíndricos envolvendo o frasco reator(4) para apoio de lâmpadas.

30 Em uma realização preferencial, o sistema de iluminação (1) compreende 12 lâmpadas, mais preferencialmente lâmpadas UV 8W cada uma.

Estes e outros objetos da invenção serão imediatamente valorizados pelos versados na arte e pelas empresas com interesses no segmento, e serão descritos em detalhes suficientes para sua reprodução na descrição a seguir.

#### 5 **Breve Descrição das Figuras**

A figura 1 mostra o sistema de iluminação (1) do aparato fotocatalítico.

A figura 2 mostra um aparato fotocatalítico compreendendo: (1) sistema de iluminação; (2) sistema de agitação magnética; (3) sistema de borbulhamento de ar; (4) frasco reator.

10

#### **Descrição Detalhada da Invenção**

Os exemplos aqui mostrados têm o intuito somente de exemplificar uma das inúmeras maneiras de se realizar a invenção, contudo sem limitar, o escopo da mesma.

15 Na presente invenção, desenvolveu-se um aparato para a realização de ensaios fotocatalíticos, permitindo a avaliação da atividade fotocatalítica de diferentes tipos de catalisadores em forma particulada (pós, fibras ou pequenas partículas), permitindo também o tratamento de efluentes contendo compostos orgânicos.

20 O aparato é composto por dois meios cilindros vazados (Figura 1), sendo que cada meio cilindro serve de suporte a 6 lâmpadas de 8W cada uma, totalizando 12 lâmpadas (Figura 1). As lâmpadas são a fonte da radiação luminosa que irá ativar o catalisador. As lâmpadas podem ser do tipo luz negra, que emitem radiação na faixa do ultravioleta com comprimento de onda de  
25 aproximadamente 365nm ou, lâmpadas fluorescentes brancas que simulam a luz natural com comprimentos de onda na faixa do visível.

O aparato proposto além do sistema de iluminação descrito anteriormente (Figura 2 a) é composto ainda por um banho termostático para controle da temperatura do líquido de refrigeração que controla a temperatura  
30 da reação fotocatalítica; uma placa de agitação magnética (Figura 2 b) que permite a homogeneização contínua do fluido e do catalisador durante a

reação; um sistema de borbulhamento de ar (Figura 2 c) como fonte de oxigênio e, um frasco de vidro pyrex ou, mais adequadamente, um frasco de quartzo encamisado (Figura 2 d) que permita a circulação da água de refrigeração sem contato direto com os fluidos no interior do frasco de vidro.

5 Um detalhe deste frasco é mostrado na Figura 3.

Exemplo 1: determinação da atividade fotocatalítica de partículas de  $TiO_2$  sob iluminação UV.

Tipicamente, 50mg de  $TiO_2$  são pesadas e misturadas com 125 mL de uma solução aquosa contendo 20ppm de alaranjado de metila. Estes  
10 compostos são homogeneizados com auxílio de uma sonda de ultrassom por 15 minutos com potência de até 200 W, em local escuro.

Após esta etapa, esta mistura é transferida para o frasco reator de vidro encamisado, onde água a  $30^\circ C$  é mantida circulando pelo sistema, nas paredes externas do frasco, sem contato com a mistura catalisador+corante.

15 Uma alíquota de 4,0 mL da mistura é coletada neste instante com uma seringa de 5,0 mL, filtrada com um filtro de nylon de 0,2  $\mu m$  e armazenada em local escuro em uma cubeta de PMMA (caminho ótico de 10mm) para posterior análise por espectrofotometria.

Inicia-se, então o processo fotocatalítico, conectando-se o sistema  
20 borbulhador de ar, ligando-se o sistema de agitação magnética e a iluminação UV, mantendo-se a temperatura constante.

A cada 5 minutos, nova alíquota de 4,0 mL é retirada, filtrada e armazenada em diferentes cubetas de PMMA para posterior análise espectroscópica.

25 A degradação do corante é acompanhada através de medidas da concentração do corante presente nas diferentes alíquotas, por espectroscopia ótica utilizando radiação na faixa de 465 nm, correspondente ao pico máximo de absorção de radiação do corante alaranjado de metila. A transmitância ou a absorbância medida no aparelho neste comprimento de onda possuem uma  
30 relação bem conhecida com a concentração do corante.

O ensaio de determinação da atividade fotocatalítica termina ao se atingir 100% de transmitância, medido no espectrofotômetro, que significa completa transparência da água e eliminação completa do corante orgânico. Existe um catalisador padrão denominado P25, da empresa Degussa, composto de óxido de titânio. Utilizando-se o aparato proposto, nas concentrações indicadas acima, o composto P25 degrada 20 ppm de solução contendo alaranjado de metila em 45 minutos.

10 Exemplo 2: determinação da atividade fotocatalítica de partículas de TiO<sub>2</sub> sob iluminação Visível

Utilizando-se luz branca na faixa do visível, nota-se uma queda na atividade catalítica das partículas de TiO<sub>2</sub>, principalmente devido a baixa atividade da fase anatase nestas condições.

15 Desta maneira, para a determinação da atividade fotocatalítica em luz visível utiliza-se o mesmo procedimento descrito no exemplo 1, contudo as alíquotas são retiradas a cada 15 ou 30 minutos, dependendo do sistema a ser estudado.

20 Como padrão, o ensaio de fotocatalise com sistema de iluminação visível utilizando o aparelho proposto e o catalisador P25 tem duração de aproximadamente 150 minutos. Em geral o ensaio é interrompido quando o corante for totalmente degradado ou quando se atingir o tempo de 150 minutos.

**Reivindicações****APARATO FOTOCATALÍTICO**

- 5 1. Aparato fotocatalítico caracterizado por compreender: (1) sistema de iluminação; (2) sistema de agitação magnética; (3) sistema de borbulhamento de ar; (4) frasco reator.
- 10 2. Aparato, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo sistema de iluminação (1) compreender um sistema de iluminação capaz de emitir uma dose de cerca de 100mJ/cm<sup>2</sup> no exterior do frasco e por permitir que uma dose de cerca de 60mJ/cm<sup>2</sup> no interior do frasco atinja a amostra.
- 15 3. Aparato, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo sistema de iluminação (1) compreender dois aparatos cilíndricos envolvendo o frasco reator(4) para apoio de lâmpadas.
4. Aparato, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo sistema de iluminação (1) compreender 12 lâmpadas.
5. Aparato, de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelas lâmpadas serem lâmpadas UV de 8W cada uma.



**FIGURAS**

Figura 1

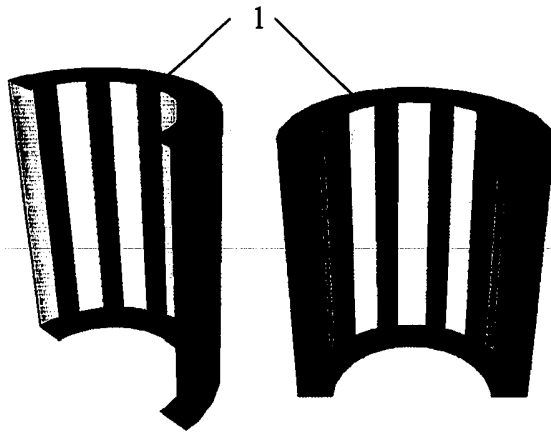


Figura 2

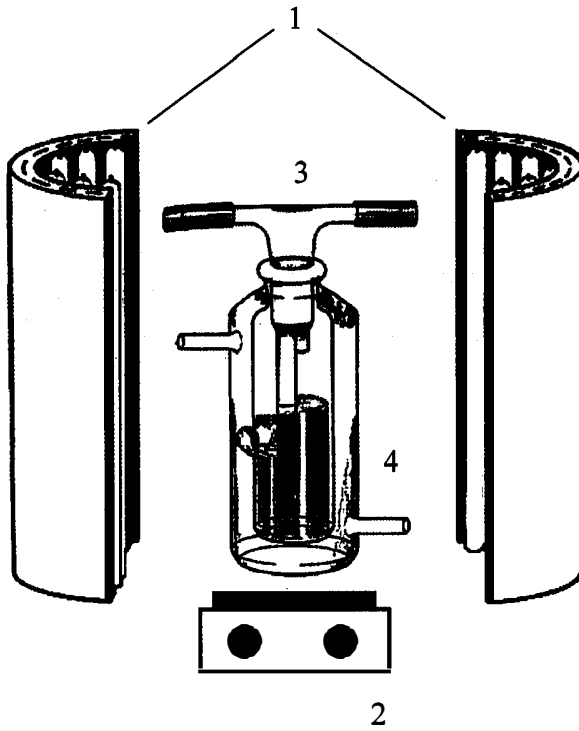
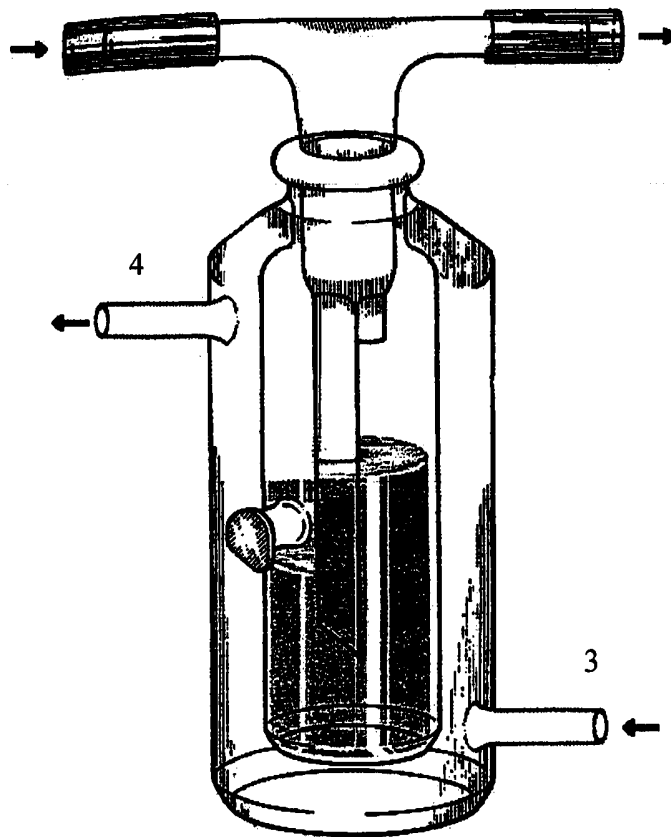


Figura 3



**Resumo**

**APARATO FOTOCATALÍTICO**

5 O presente pedido de patente de modelo de utilidade se refere a um aparato para avaliação da atividade fotocatalítica compreendendo um sistema para obter a degradação dos compostos orgânicos presentes no efluente ou na solução de forma mais eficiente.