

# ANÁLISE DA TRANSFERÊNCIA DE MASSA EM UM REATOR FOTOCATALÍTICO, USANDO A TÉCNICA DA TRANSFORMADA INTEGRAL GENERALIZADA (GITT)

**Fernando Fernandes Vieira (\*)**  
**Carlos Antonio Pereira de Lima (\*)**  
**Geralda Gilvania Cavalcante de Lima (\*)**  
**Carlos Antonio Cabral dos Santos (\*\*)**  
**Romberg Rodrigues Gondim (\*\*)**  
**Zaqueu Ernesto da Silva (\*\*)**

(\*) Universidade Estadual da Paraíba, Departamento de Química, CCT  
Caixa Postal – 781, CEP 58.100-970, Campina Grande - PB  
[fernando@les.ufpb.br](mailto:fernando@les.ufpb.br)

(\*\*) Universidade Federal da Paraíba, Laboratório de Energia Solar, CT/CPGEM - DTM  
Caixa Postal – 5115, CEP 58.051-970, João Pessoa - PB

**Resumo.** A contaminação do meio ambiente como resultado do grande crescimento das atividades humanas, associada a escassez de água potável, têm sido apontados como os dois mais graves problemas enfrentados pela sociedade moderna. Estes fatos têm despertado a atenção dos pesquisadores para o desenvolvimento de novas tecnologias de tratamento de efluentes industriais e domésticos, bem como o reaproveitamento destes efluentes tratados. Dentre as novas tecnologias desenvolvidas está a fotocatalise heterogênea combinada com a energia solar. A fotocatalise heterogênea é um processo oxidativo avançado que se baseia na absorção de energia de um determinado comprimento de onda por um semicondutor, que atua como catalisador nas reações de degradação de poluentes orgânicos, principalmente oriundos de efluentes industriais. O objetivo deste trabalho é modelar o processo de transferência de massa no interior de um reator fotocatalítico do tipo filme fino e leito fixo, para que seja possível o melhor entendimento deste processo de degradação bem como o desenvolvimento de modelos que permitam a simulação dos parâmetros que influenciam o desempenho dos reatores. As equações obtidas na modelagem do fotoreator foram resolvidas usando-se a técnica da Transformada Integral Generalizada (GITT)

**Palavras chave:** *fotocatálise, reator, contaminação, transformada integral*

## 1. INTRODUÇÃO

As crescentes exigências da sociedade moderna em termos de qualidade de vida e meio ambiente tem levado a controles mais rigorosos no descarte de efluentes como também novas normas e legislações cada vez mais rígidas tem sido adotadas afim de minimizar o impacto ambiental. Portanto, surge a necessidade de desenvolvimento de novos tipos de tratamento que realmente garantam bons resultados. As técnicas já existentes para tratamento de efluentes minimizam o problema em grande parte, no entanto quando se trata de efluentes de difícil degradação, com substancias tóxicas e recalcitrantes, em baixas ou altas concentrações é necessário a utilização de técnicas mais eficientes.

Uma alternativa tecnológica em crescente desenvolvimento para destruição de produtos orgânicos de difícil degradação e em baixas concentrações são os Processos Oxidativos Avançados (POA). Estes processos são considerados como sendo tecnologias limpas e de refinamentos, visto que não produzem subprodutos (lodo), como também não há transferência de fase dos poluentes (como adsorção em carvão ativado) e os produtos finais da reação são  $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2\text{O}$ . Dentre os Processos Oxidativos Avançados, a fotocatalise heterogênea tem sido amplamente estudada e revisada por diversos autores nas três últimas décadas.

### **1.1. Fotocatálise Heterogênea**

A fotocatalise heterogênea é um processo onde um semicondutor absorve energia de fótons e atua como catalisador produzindo radicais reativos, principalmente radicais hidroxilas, estes podem oxidar e mineralizar compostos orgânicos. Portanto estas moléculas orgânicas são decompostas para formar gás carbônico, água e ácidos minerais. (Goswami, 1997)

O fotocatalisador mais utilizado é o dióxido de titânio. Segundo Goswami (1997) outros semicondutores como  $\text{ZnO}$ ,  $\text{CdS}$ ,  $\text{WO}_3$ ,  $\text{SnO}_2$  tem sido utilizados como alternativa para o  $\text{TiO}_2$ , porém o  $\text{TiO}_2$  tem se mostrado mais eficiente. O catalisador pode ser utilizado no reator de duas formas: disperso na solução ou em matriz fixa onde ele é aderido as paredes do reator ou a suporte, tal como malha de fibra de vidro ou materiais cerâmicos.

A energia necessária para ativar  $\text{TiO}_2$ , é 3,2 e.V que corresponde a radiação de UV de um comprimento de onda de 388 nm ou menos. Isto torna possível usar o sol como a fonte de iluminação, pois aproximadamente 4-6% da energia solar que alcança a superfície da terra é nesse comprimentos de onda (Goswami, 1997)

#### **1.1.1. Aplicações**

Uma grande variedade de compostos orgânicos e inorgânicos, em fase gasosa ou líquida, podem ser degradados através da fotocatalise heterogênea. Além disto ela pode ser utilizada na desinfecção de águas contaminadas com microorganismos patogênicos. A fotocatalise heterogênea, pode ser utilizada no tratamento de efluentes domésticos e industriais, no entanto a maioria das pesquisas na área, tem sido direcionada no sentido de consolidar a tecnologia fotocatalítica, como uma alternativa técnica e economicamente viável para o tratamento de efluentes industriais, os quais normalmente contém substâncias tóxicas, não-biodegradáveis e em pequenas concentrações, o que muitas vezes inviabiliza o tratamento pelas técnicas convencionais.

Após quase duas décadas de pesquisas, inúmeros trabalhos tem sido publicados na área da fotocatalise heterogênea, a maioria destes trabalhos mostram que uma das características primárias do método é a capacidade de tratar varias classes de compostos orgânicos, e que a mineralização completa pode ser alcançada na maior parte dos casos. Jardim & Nogueira (1998), apontam para um grande problema na implantação de processos fotocatalíticos para tratamento de efluentes em escala industrial, uma vez que a interface com a engenharia faz-se necessário e ainda encontra-se pouco desenvolvida. Sclafani et al. (1993) já apontava para um número limitado de investigações que tratam do fenômeno de transferência de massa que acontece dentro do reator. O desenvolvimento e a validação de modelos matemáticos que permitam simular os fotoreatores multifásicos será uma importante contribuição no projeto de novos reatores em escala industrial. (Yue, 1992)

As principais tendências atuais são a substituição das fontes de radiação ultravioleta artificiais pela luz solar, tendo em vista que a maior parcela dos custos do tratamento fotocatalítico é a geração de fótons com energia superior ao bandgap do semicondutor e a utilização de semicondutores que sejam ativados com luz visível. No caso do Brasil, devido a nossa posição geográfica, temos altas taxas de insolação, o que incentiva as pesquisas no sentido de se aproveitar cada vez mais o potencial da energia solar.

## 1.2. Técnica da Transformada Integral Generalizada (GITT)

A Técnica de Transformação Integral Generalizada é um método de solução de equações diferenciais parciais de evolução relativamente recente, e tem se mostrado uma alternativa aos métodos puramente discretos. Seu caráter híbrido numérico-analítico permite o controle automático de erro durante a solução das equações, o que evita a necessidade de diversas execuções do código computacional para avaliação da convergência, dispensa a geração de malha e possibilita uma fácil extensão a um maior número de dimensões envolvidas no problema. (Cotta, 1993)

Na GITT se alivia a necessidade de se encontrar uma transformação integral exata do problema. Para isso, escolhe-se um problema de autovalor auxiliar o mais representativo possível do problema original. Os potenciais originais são representados por um somatório infinito de produtos entre as autofunções obtidas a partir do problema auxiliar e os potenciais transformados. Ao aplicar-se a transformação, obtém-se um sistema diferencial ordinário acoplado infinito, que é truncado até uma ordem suficiente para a obtenção da solução dentro da precisão desejada.

## 2. FORMULAÇÃO MATEMÁTICA

O sistema a ser analisado é um reator do tipo filme fino e leito fixo, conforme pode ser observado na Fig. 1.

A convecção-difusão de um fluido Newtoniano dentro do qual existe uma reação química irreversível de primeira ordem é governada pela equação da conservação das espécies, submetidas as condições apropriadas. Na entrada do reator, o perfil de velocidade é assumido completamente desenvolvido, enquanto que a concentração da espécie A é mantida constante e B não está presente. Sob o ponto de vista do processo real, estes são governados por altos números de Peclet ( $250 < Pe < 2500$ ), o que faz com que a difusão axial seja desprezada. Por outro lado vamos assumir que as propriedades físicas da solução sejam constantes.

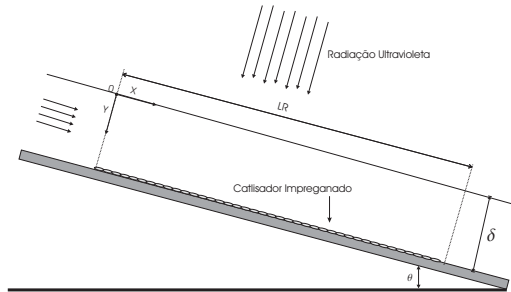


Figura 1. Diagrama esquemático de um reator do tipo filme fino e leito fixo

Considerando-se as hipóteses anteriores, a equação da conservação da massa para o componente A e as condições de contorno e inicial são dadas por:

$$\frac{\partial C_A^*}{\partial t} + u^*(y^*) \frac{\partial C_A^*}{\partial x^*} = D_{AB} \frac{\partial^2 C_A^*}{\partial y^{*2}} \quad (1.a)$$

$$C_A^*(x^*, y^*, 0) = C_{A0} \quad (1.b)$$

$$\frac{\partial C_A^*}{\partial y^*}(x^*, 0, t) = 0, t > 0 \quad (1.c)$$

$$D_{AB} \frac{\partial C_A^*}{\partial y^*}(x^*, \delta, t) = -k_s C_A^*(x^*, \delta, t), t > 0 \quad (1.d)$$

$$C_A^*(0, y^*, t) = C_{A0}, t > 0 \quad (1.e)$$

onde  $u^*(y^*)$ , é o perfil de velocidade completamente desenvolvido, que é dado por (Bird et al, 1978)

$$u^*(y) = \frac{3}{2} \frac{\rho g \delta^2 \cos \theta}{3\mu} \left[ 1 - \left( \frac{y^*}{\delta} \right)^2 \right]$$

Para adimensionalizar a Eq. (1), introduziremos as seguintes variáveis adimensionais

$$C_A = \frac{C_A^*}{C_{A0}}; y = \frac{y^*}{\delta}; x = \frac{x^*}{\delta P_e}; \tau = \frac{t \cdot \delta^2}{D} \quad (2)$$

A substituição das variáveis adimensionais e do perfil de velocidade na Eq. (1), conduz as seguintes expressões:

$$\frac{\partial C_A}{\partial \tau} + u(y) \frac{\partial C_A}{\partial x} = \frac{\partial^2 C_A}{\partial y^2} \quad (3.a)$$

$$C_A(x, y, 0) = 1 \quad (3.b)$$

$$\frac{\partial C_A}{\partial y}(x, 0, t) = 0 \quad (3.c)$$

$$\frac{\partial C_A}{\partial y}(x, 1, t) = -K C_A(x, 1, t) \quad (3.d)$$

$$C_A(0, y, t) = 1 \quad (3.e)$$

onde o parâmetro de reação heterogênea é

$$K = \frac{k_s \cdot \delta}{D} \quad (3.f)$$

Por questão de conveniência, vamos separar a contribuição da região de difusão pura através da quebra do problema, definido pela Eq. (3) em duas partes:

$$C_A(x, y, \tau) = \theta(x, y, \tau) + \phi(y, \tau) \quad (4)$$

onde  $\phi(y, \tau)$  é a solução do seguinte problema puramente difusivo:

$$\frac{\partial \phi}{\partial \tau}(y, \tau) = \frac{\partial^2 \phi}{\partial y^2}(y, \tau) \quad (5.a)$$

$$\phi(y, 0) = 1 \quad (5.b)$$

$$\frac{\partial \phi}{\partial y}(0, \tau) = 0, t > 0 \quad (5.c)$$

$$\frac{\partial \phi}{\partial y}(1, \tau) + K \phi(1, \tau) = 0 \quad (5.d)$$

Para resolver o problema (Eq. 5), vamos a aplicar técnica da transformada integral generalizada. O problema auxiliar para a Eq. (5), tem a seguinte forma:

$$\frac{d^2\Psi}{dy^2} + \gamma^2\Psi = 0 \quad (6.a)$$

$$\frac{d\Psi}{dy} = 0 \quad (6.b)$$

$$\frac{d\Psi}{dy} + K\Psi = 0 \quad (6.c)$$

A transformada integral e a formula de inversão para a função  $\phi(y, \tau)$  são:

$$\phi(y, \tau) = \sum_{M=1}^{\infty} \tilde{\Psi}_M(\gamma_M, y) \cdot \bar{\phi}_M(\tau) \quad (7.a)$$

$$\bar{\phi}_M(\tau) = \int_0^1 \tilde{\Psi}_M(\gamma_M, y) \phi(y, \tau) dy \quad (7.b)$$

onde  $\tilde{\Psi}_M(\gamma_M, y)$  é a autofunção normalizada que é definida da seguinte forma:

$$\tilde{\Psi}_M(\gamma_M, y) = \frac{\Psi_M(\gamma_M, y)}{N_M^{1/2}}$$

Multiplicando-se a Eq. (5.a) por  $\tilde{\Psi}_M(\gamma_M, y)$  e integrando-se sobre toda a área da seção transversal ao escoamento e após algumas manipulações algébricas, obtemos:

$$\frac{d\bar{\phi}_M}{d\tau}(\tau) + \gamma_M^2 \bar{\phi}_M(\tau) = 0 \quad (8.a)$$

A Eq. (8.a) é uma equação diferencial ordinária de primeira ordem e a condição inicial é fornecida pela Eq. (5.b), cuja transformação conduz ao seguinte resultado:

$$\bar{\phi}_M(0) = \int_0^1 \tilde{\Psi}_M(\gamma_M, y) dy = \bar{f}_M \quad (8.b)$$

Usando-se a fórmula de inversão (Eq. 7.a), podemos escrever:

$$\phi(y, \tau) = \sum_{M=1}^{\infty} \tilde{\Psi}_M(\gamma_M, y) \bar{f}_M e^{-\gamma_M^2 \tau} \quad (9)$$

A função  $\theta(x, y, \tau)$  que aparece na Eq. (4) é obtida a partir da resolução do seguinte problema convectivo-difusivo

$$\frac{\partial \theta}{\partial \tau}(x, y, \tau) + u(y) \frac{\partial \theta}{\partial x}(x, y, \tau) = \frac{\partial^2 \theta}{\partial y^2}(x, y, \tau) \quad (10.a)$$

$$\theta(x, y, 0) = 0 \quad (10.b)$$

$$\theta(0, y, \tau) = 1 - \phi(y, \tau), \quad t > 0 \quad (10.c)$$

$$\frac{\partial \theta}{\partial y}(x, 1, \tau) + K\theta(x, 1, \tau) = 0, \quad t > 0 \quad (10.d)$$

Aplicando-se a Transformação de Laplace na Eq. (10), com o objetivo de retirar a dependência temporal, obtem-se:

$$s\hat{\theta}(x, y) + u(y)\frac{\partial\hat{\theta}}{\partial x}(x, y) = \frac{\partial^2\hat{\theta}}{\partial y^2}(x, y) \quad (11.a)$$

$$\hat{\theta}(0, y) = \frac{1}{s} - \hat{\phi}(y) \quad (11.b)$$

$$\frac{\partial\hat{\theta}}{\partial y}(x, 0) = 0 \quad (11.c)$$

$$\frac{\partial\hat{\theta}}{\partial y}(x, 1) + K\hat{\theta}(x, 1) = 0 \quad (11.d)$$

Para resolver a Eq. (11), vamos a aplicar técnica da transformada integral generalizada. O problema auxiliar para a Eq. (11), tem a seguinte forma:

$$\frac{d^2W}{dy^2} + \beta^2 u(y)X = 0 \quad (12.a)$$

$$\left. \frac{dW}{dy} \right|_{y=0} = 0 \quad (12.b)$$

$$\left. \frac{dW}{dy} \right|_{y=1} + KW|_{y=1} = 0 \quad (12.c)$$

A transformada integral e a formula de inversão para a função  $\hat{\theta}(x, y, \tau)$  são:

$$\hat{\theta}(x, y) = \sum_{i=1}^{\infty} W_i(\beta_i, y) \cdot \bar{\theta}_i(x) \quad (13.a)$$

$$\bar{\theta}_i(x) = \int_0^1 u(y) \tilde{W}_i(\beta_i, y) \hat{\theta}(x, y) dy \quad (13.b)$$

Aplicando-se um procedimento análogo ao usado na resolução da Eq. (5.a), obtem-se:

$$s \sum_{j=1}^{\infty} A_{ij} \bar{\theta}_j(x) + \frac{d\bar{\theta}_i}{dx}(x) = -\beta_i^2 \bar{\theta}_i(x) \quad (14.a)$$

$$\text{onde } A_{ij} = \int_0^1 W_i(\beta_i, y) W_j(\beta_j, y) dy$$

A Eq. (14.a) é um problema de valor inicial, cuja condição inicial é dada pela Eq.(11.b), cuja transformação conduz a seguinte expressão:

$$\bar{\theta}_i(0) = \frac{\bar{f}_i}{s} - \sum_{M=1}^{\infty} \frac{1}{s + \gamma_M^2} \cdot \bar{f}_{Mi} \quad (14.b)$$

Como o objetivo de obter uma solução simples que possa ser usada na simulação de fotoreatores, adotou-se uma solução de baixa ordem, utilizando-se apenas os elementos da diagonal da matriz dos coeficientes do sistema de EDO's anterior, utilizaremos somente os termos onde  $i=j$ , assim sendo a Eq. (14) possui solução analítica, cuja forma é a seguinte:

$$\bar{\theta}(x) = \left[ \frac{f_i}{s} - \sum_{M=1}^{\infty} \frac{1}{s + \gamma_M^2} \cdot \bar{f}_{Mi} \right] e^{-(\beta_i^2 + sA_{ii})x} \quad (15)$$

Aplicando-se a fórmula da inversa, definida pela Eq. (13.a), podemos escrever:

$$\hat{\theta}(x, y) = \sum_{i=1}^{\infty} \tilde{W}_i(\beta_i, y) \left[ \frac{f_i}{s} - \sum_{M=1}^{\infty} \frac{1}{s + \gamma_M^2} \cdot \bar{f}_{Mi} \right] e^{-(\beta_i^2 + sA_{ii})x} \quad (16)$$

A solução de  $\theta(x, y, \tau)$  é obtida, aplicando-se a transformada inversa de Laplace na Eq. (16), cujo resultado é o seguinte:

$$\theta(x, y, \tau) = \sum_{i=1}^{\infty} \tilde{W}_i(\beta_i, y) e^{-\beta_i^2 x} \cdot \Gamma(\tau - A_{ii}x) \left[ \bar{f}_i - \sum_{M=1}^{\infty} \bar{f}_{Mi} e^{-\gamma_M^2(\tau - A_{ii}x)} \right] \quad (17)$$

onde  $\Gamma(t - A_{ii}x)$  é a função degrau unitário.

O perfil de concentração adimensional no interior do reator, tem a seguinte forma:

$$C_A(x, y, \tau) = \sum_{i=1}^{\infty} \tilde{W}_i(\beta_i, y) e^{-\beta_i^2 x} \Gamma(\tau - A_{ii}x) \left[ \bar{f}_i - \sum_{M=1}^{\infty} \bar{f}_{Mi} e^{-\gamma_M^2(\tau - A_{ii}x)} \right] + \sum_{M=1}^{\infty} \tilde{\Psi}_M(\gamma_M, y) \bar{f}_M e^{-\gamma_M^2 \tau} \quad (18)$$

A concentração média ao longo do reator é dada por:

$$C_{MÉDIA}(x, \tau) = \frac{\int_0^1 u(y) C(x, y, \tau) dy}{\int_0^1 u(y) dy} \quad (19)$$

Após as substituições da concentração adimensional  $C(x, y, \tau)$  e do perfil de velocidade na Eq. (19) a avaliando-se as integrais, obtém-se:

$$C_{MÉDIA}(x, \tau) = \sum_{i=1}^{\infty} e^{-\beta_i^2 x} \Gamma(\tau - A_{ii}x) \left[ \bar{f}_i - \sum_{M=1}^{\infty} \bar{f}_{Mi} e^{-\gamma_M^2(\tau - A_{ii}x)} \right] \int_0^1 u(y) \tilde{W}_i(\beta, y) dy + \sum_{M=1}^{\infty} \bar{f}_M e^{-\gamma_M^2 \tau} \int_0^1 u(y) \tilde{\Psi}_M(\gamma_M, y) dy \quad (20)$$

De forma similar, podemos calcular o número local de Sherwood (Sh), que é definido como sendo:

$$Sh = \frac{D_H \left. \frac{\partial C(x, y, \tau)}{\partial y} \right|_{y=1}}{C_{PAREDE} - C_{MÉDIO}} \quad (21)$$

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foi desenvolvido um código computacional em linguagem FORTRAN 90, usando o Digital Visual Fortran 5.0, e utilizando como plataforma computacional um PC K6-2 450 MHz com 128 MB de memória RAM.

A precisão da solução obtida, foi verificada através de da comparação dos resultados obtidos com a situação limite de reação instantanea, cujos resultados podem ser vistos nas Fig. (2) e (3). O resultado obtido para o número de Sherwood foi igual a 7.54, o que concorda com os valores disponíveis na literatura, quando o perfil de concentração esta totalmente desenvolvido

As Fig (4) a (7) mostram a influencia da constante de velocidade adimensional e do número de Reynolds sobre a concentração média do componente A. Pode-se observar que para um determinado valor da constante de velocidade (K), o aumento do número de Reynolds implica na diminuição do tempo de residência no reator, o que acarretará uma menor degradação do componente A, o que mostra a consistencia do modelo desenvolvido para este tipo de sistema. Outro fato observado é que o aumento da constante de velocidade apresenta efeitos significativos sobre a degradação do componente A. A Tab, (1), mostra os valores limites alcançados pelo número de Sherwood local, em função do valor da constante de velocidade adimensional, é importante ressaltar que o estes valores limites são independentes do número de Reynolds.

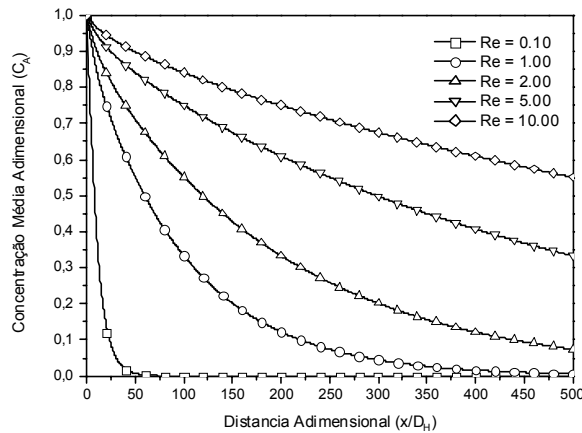


Figura 2. Concentração Média Adimensional em função da distancia longitudinal dentro do reator e do número de Reynolds, para o caso limite de reação instantânea

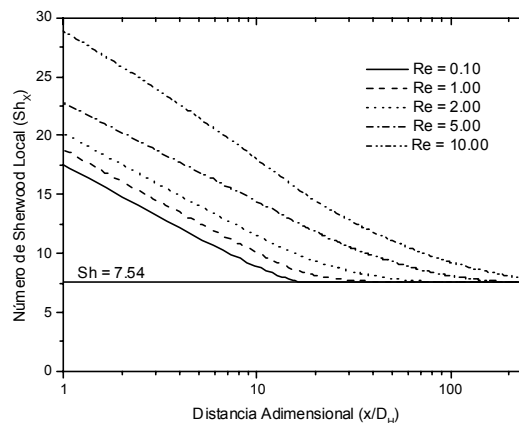


Figura 3. Número de Sherwood Local em função da distancia longitudinal dentro do reator e do número de Reynolds, para o caso limite de reação instantânea



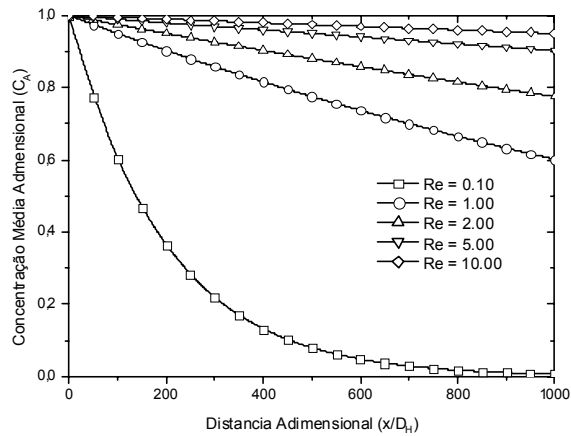


Figura 4. Concentração Média Adimensional em função da distancia longitudinal dentro do reator e do número de Reynolds, para o caso onde  $K = 0.10$

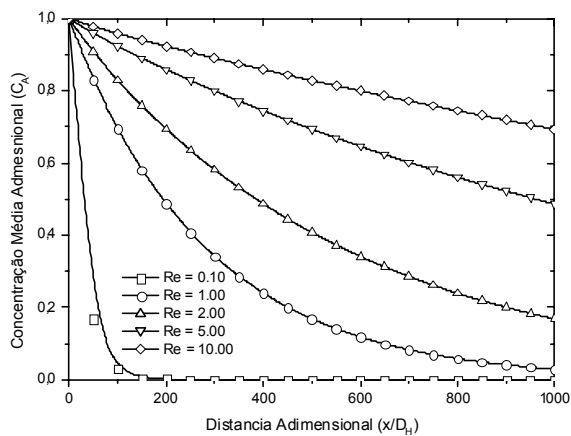


Figura 5. Concentração Média Adimensional em função da distancia longitudinal dentro do reator e do número de Reynolds, para o caso onde  $K = 1.00$

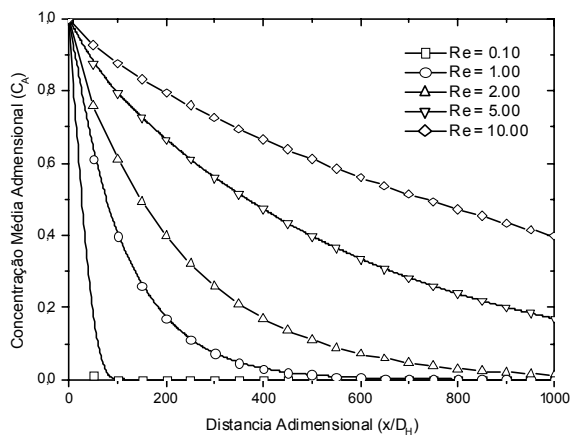


Figura 6. Concentração Média Adimensional em função da distancia longitudinal dentro do reator e do número de Reynolds, para o caso onde  $K = 10.00$

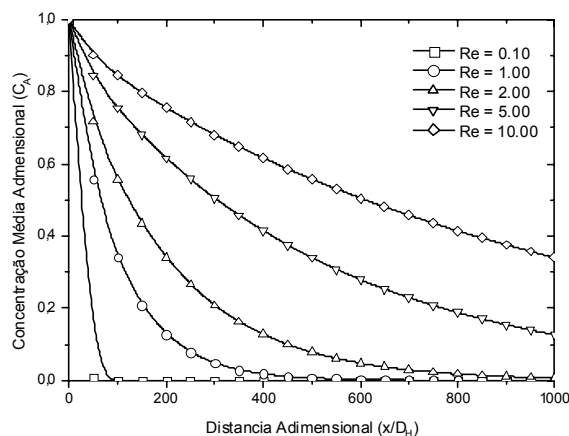


Figura 7. Concentração Média Adimensional em função da distancia longitudinal dentro do reator e do número de Reynolds, para o caso onde  $K = 100.00$

Tabela 1. Resultados do Número de Sherwood Local, em função da constante de velocidade adimensional ( $K$ )

$K$	Número de Sherwood
0.10	8.20
1.00	8.00
10.0	7.65
100.0	7.55

### 3. CONCLUSÕES

Este trabalho, apresenta uma solução analítica e exata que pode ser usada no projeto e análise de reatores fotocatalíticos com convecção-difusão de fluidos newtonianos com reações químicas heterogêneas na parede do reator. Por exemplo para uma dada taxa de reação, difusividades dos poluentes, podemos determinar o comprimento do reator para alcançarmos determinada degradação ou a distribuição de concentração no interior do reator. As soluções obtidas apresentaram excelente concordância com os valores limites existentes na literatura e podem ser utilizadas para investigar os efeitos de importantes parâmetros que afetam a transferência de massa no sistema.

A concentração adimensional do componente A na parede e a concentração média decrescem monotonicamente desde o seu valor de entrada igual a 1.0 até 0.0 em uma distancia suficientemente longe da entrada, para quaisquer valores dos parâmetros analisados .

### 4. REFERÊNCIAS

- Bird, R. B.; Stewart, W. E. and Lighfoot, E.N.,1978, “Fenómenos de Transporte”, Editorial Reverté, Barcelona
- Cotta, R. M., 1993, “Integral Transforms in Computational Heat and Fluid Flow”, CRC Press, Boca Raton, FL
- Goswami, D. Y., 1997, “A review of engineering developments of aqueous phase solar photocatalytic detoxification and disinfection processes”, Journal of Solar Energy Engineerig, vol. 119, pp. 101 -107.

- Jardim, W. F., and Nogueira, R. F. P., 1998, "A fotocatalise heterogênea e sua aplicação ambiental", Química Nova, vol. 21, n. 1, pp. 69-72
- Sclafani, A., Brucato, A. and Rizzuti, L., 1992, "Mass transfer limitations in a packed bed photoreactor used for phenol removal", Proceedings of the 1st International Conference on TiO<sub>2</sub> Photocatalytic Purification and Treatment of Water and Air, November 8-13, London, vol. 3, pp 495-510.
- Yue, P. L., 1992, "Modelling, scale-up and design of multiphasic photoreactors", Proceedings of the 1st International Conference on TiO<sub>2</sub> Photocatalytic Purification and Treatment of Water and Air, November 8-13, London, vol. 3, pp 533-545.

## **ANALYSIS OF THE MASS TRANSFER IN A PHOTOCATALYTIC REACTOR USING THE GENERALIZED INTEGRAL TRANSFORM TECHNIQUE (GITT)**

**Fernando Fernandes Vieira (\*)**

**Carlos Antonio Pereira de Lima (\*)**

**Geralda Gilvania Cavalcante de Lima (\*)**

**Carlos Antonio Cabral dos Santos (\*\*)**

**Romberg Rodrigues Gondim (\*\*)**

**Zaqueu Ernesto da Silva (\*\*)**

(\*) Universidade Estadual da Paraíba, Departamento de Química, CCT  
Caixa Postal – 781, CEP 58.100-970, Campina Grande - PB  
[fernando@les.ufpb.br](mailto:fernando@les.ufpb.br)

(\*\*) Universidade Federal da Paraíba, Laboratório de Energia Solar, CT/CPGEM - DTM  
Caixa Postal – 5115, CEP 58.051-970, João Pessoa - PB

**Abstract.** The contamination of the environment as a result of the great growth of the activities human, associated the shortage of drinking water, they have been pointed as the two more serious problems faced by the modern society. These facts have been waking up the researchers' attention for the development of new technologies of treatment of industrial and domestic wastewaters, as well as the reuse of these treated wastewater. Among the new developed technologies it is the combined heterogeneous photocatalysis with the solar energy. The heterogeneous photocatalysis is a process advanced oxidativo that bases on the absorption of energy of a certain wavelength for a semiconductor, that acts as catalyst in the degradation reactions of pollutant organic, mainly originating from of industrial wastewater. The objective of this work is to model the process of mass transfer inside a reactor photocatalytic of the type films fine and fixed bed, so that it is possible the best understanding of this degradation process as well as the development of models that allow the simulation of the parameters that influence the acting of the reactors. The equations obtained in the modelling of the photoreactor were resolved being used the technique of the Generalized Integral Transform Technique (GITT)

Keywords: photocatalytic, reactor, contamination, integral transform