

## **SIMULAÇÃO DE MICROESTRUTURA ELETRIZADA CAPAZES DE RETER VOC'S USADAS PARA ENSINO EM ENGENHARIA**

Lílian Marques Silva – lillamarques@globo.com  
Escola Politécnica da Universidade São Paulo  
Av. Prof. Luciano Gualberto, travessa 3, 380  
05508-010 - São Paulo - SP  
Eik Tenório – eikten@globo.com.br  
Faculdade de Tecnologia de Tatuí  
Rod. Mario Batista Mori, 971  
18280-000 – Tatuí – São Paulo  
Maria Lúcia Pereira da Silva – malu@lsi.usp.br  
Faculdade de Tecnologia de São Paulo  
Praça Coronel Fernando Prestes, 30  
01124-060 – Bom Retiro – São Paulo

**Resumo:** *O foco principal deste artigo é mostrar o comportamento de microcanais com dimensões da ordem de micrômetros, presentes em estruturas obtidas em substrato metálico, utilizadas para análises envolvendo retenção/separação de compostos orgânicos voláteis (VOC's). Escolheu-se detectar VOC's devido a estes serem um problema grave ambiental, presente em meio gasoso e/ou líquido. Para simulação de situações reais usou-se n-hexano, reagente equivalente aos combustíveis usados em automóveis (vapor ou solução aquosa saturada) e 2-propanol, equivalente aos solventes presentes em materiais de limpeza (vapor ou solução aquosa). Os dados com relação à retenção/separação foram analisados qualitativamente utilizando-se um simulador, COMSOL 4.0. Os resultados mostraram-se semelhantes e bastante promissores com relação à retenção de VOC's. O principal modo de retenção das espécies testadas foi à adsorção e que esta é muito dependente da condição da superfície. Portanto, é possível compreender o comportamento de compostos orgânicos retidos em microcanais utilizando-se simulador de fácil compreensão e manipulação, favorecendo a fixação do ensino.*

**Palavras-chaves:** *VOC'S, Compostos Orgânicos Voláteis, Retenção, Pré- concentração.*

### **1. INTRODUÇÃO**

O desenvolvimento natural das tecnologias de microeletrônica levou à produção de microestruturas, dentre elas, as microestruturas usadas em sensores. As microestruturas para retenção e/ou pré-concentração beneficiam-se de mudanças das características da superfície, através da deposição de filme fino ou através da aplicação de tensão nas paredes da microestrutura gerando um campo elétrico capaz de alterar o comportamento das moléculas dentro do microcanal. Com relação aos desenvolvimentos atuais de estruturas, desperta grande interesse os pré-concentradores, atualmente em grande uso na área química (LU, 2001) e sistemas de retenção (SILVA, 2010). Em ambos os casos as estruturas podem ser fabricadas utilizando microcanais. Um exemplo de fabricação de microcanais por processo de

baixo custo é o uso de uma impressora a laser e filme de poliéster. Trata-se de uma tecnologia amplamente acessível e que utiliza substrato orgânico e flexível (LAGO, 2003). Os compostos orgânicos que possuem cadeia carbônica pequena são conhecidos como compostos orgânicos voláteis (VOC - *volatile organic compounds*) são os principais poluentes encontrados tanto no ar quanto na água, sendo assim, torna-se interessante a fabricação de pré-concentradores e/ou sistemas de retenção para tais compostos. Portanto, este trabalho propõe-se simulação de microcanais presentes em microestruturas tridimensionais, cujas paredes possuem uma diferença de potencial capaz de influenciar a trajetória das moléculas. Os testes servem para avaliar se são favorecidas a adsorção e/ou pré-concentração e/ou retenção nessas condições.

## 1.1 Simulação

Na década passada, novas tecnologias geraram profundas mudanças no escopo da Engenharia, principalmente para as Engenharias Química e Eletrônica, onde mais ocorreram tais variações. Nessas áreas, novas tecnologias, tais como a miniaturização, apareceram e, em muitos casos, ainda necessitam de melhor conceituação. Esse é o caso anteriormente abordado do conceito de Operação Unitária para a área de Engenharia Química, pois o conceito pode se tornar mais multidisciplinar, em especial para as áreas tecnológicas que utilizem seqüências de processos químicos, como é o caso da Microeletrônica (SILVA, 2006). De fato, Koretsky (2003) descreveu as etapas de processo de Microeletrônica seguindo conceitos fundamentais, tais como, —mecânica dos fluidos, termodinâmica, aquecimento e transferência de massa, engenharia eletroquímica, processos de controle, cinética e engenharia de reações, ou seja, de acordo com o conceito de Operação Unitária. Outra similaridade entre as áreas de Engenharia Química e Microeletrônica é a questão educacional. O alto investimento para ensinar, especialmente, na Engenharia, fez com que o uso de ferramentas educacionais de baixo custo se tornasse cada vez mais necessárias. Além disso, atualmente dá-se ênfase em estudos que visem o desenvolvimento sustentável, principalmente no que diz respeito à preservação dos recursos naturais aliado ao melhor aproveitamento de energia e matéria-prima. Assim, a simulação tornou-se um caminho para diminuir custos e Dahm (1982) afirma que as simulações são normalmente sub-utilizadas e sugere que —processos de simulação de projetos podem fazer parte do ensino, em especial, da Engenharia Química devido à incorporação de novas e inovadoras Operações Unitárias além de melhorar a termodinâmica dos modelos. E, segundo Williams (2003) é possível ter inúmeras vantagens das simulações, especialmente para Operações Unitárias em laboratórios: —aproximação da realidade, segurança, e custo efetivo [...] a simulação beneficia o controle de gastos desnecessários associados à compra e manutenção de equipamentos dos laboratórios. Segundo Silva (2006) o uso da simulação e de miniaturização não apenas minimiza o uso de insumos, ou seja, colabora com o Desenvolvimento Sustentável, mas é de grande valia para desenvolver programas de redução de resíduos se aliado ao ensino com base em estudo de caso (PBL - comumente definido em Engenharia como *Project Based Learning*), pois possibilita a resolução de problemas enquanto desenvolve outras habilidades.

## 1.2 Processo de Separação/Retenção

Os processos de separação podem ser principalmente, encontrados em Indústrias Químicas e Petroquímicas. Na literatura encontram-se muitos trabalhos focados em aperfeiçoar processos de separação ora através de novos solventes, ora através de novas configurações, podendo ainda, ser alterados em outros aspectos. Em se tratando de separação, não existe uma regra que determine qual processo é o mais indicado; o fator determinante é a disponibilidade financeira e quais os dados que se deseja obter do produto final com tal

processo. Para tanto, tem-se a necessidade de caracterizar o sistema, isto vai ser útil para a identificação de quais processos de separação poderão ser usados e com quais reagentes/solventes deve-se trabalhar. Nestes processos, os que dependem de difusividade e tamanho molecular (osmose reversa, membranas, ultrafiltração, diálise) no geral também apresentam alta perda de carga, mas é bastante adequado para separação de partículas; por outro lado, a eletroforese é bastante adequada para separação de espécies carregadas, mas em geral requer aplicação de grandes diferenças de potencial e a cristalização demanda tempos longos. A extração é um processo similar ao que ocorre na cromatografia e a destilação depende de aquecimento.

Charpentier (2004; 2005; 2007) aborda a miniaturização, informando que a produção de — microreatores, micromisturadores, microseparadores, microtrocadores de calor a microanalísadores permite o controle preciso das condições das reações quanto à mistura e ao perfil de temperatura; o autor, contudo, não elabora qualquer comentário sobre a possibilidade de miniaturizar a destilação de modo semelhante aos outros processos. Para Charpentier (2004; 2005; 2007) o mais importante é o uso da simulação e o ensino, com especial ênfase na multidisciplinariedade, das mudanças que estão e que irão ocorrer de modo geral na área da Engenharia Química e Engenharia de Processo. Outra correlação estabelecida entre destilação e miniaturização foi feita por Su (2007), que argumenta que os processos de produção de semicondutores apresentam similaridades com processos de Engenharia Química no que concerne ao controle de qualidade e exemplifica com uma coluna de destilação.

Uma microestrutura desenvolvida por Wootton e Mello (2004) é denominada destilador em microescala. A estrutura foi projetada para purificar continuamente líquidos voláteis.

### 1.3 Retenção

Em sistemas dispersos, o método mais simples e comum para determinar a adsorção é a determinação da concentração antes e depois da adsorção. Por exemplo, pode-se adicionar surfactantes a um sistema, deixando-o em repouso até o equilíbrio e, então, faz-se a separação dos sólidos para determinar a quantidade de surfactantes em solução.

### 1.4 Miniaturização e $\mu$ TAS

Como abordado anteriormente, a miniaturização influenciou em muitas áreas, entre elas a Engenharia Química – já brevemente avaliada – e a área Química, especialmente no que concerne à análise química. Para esta área, a produção de equipamentos de análise e especialmente o  $\mu$ TAS vem recebendo grande atenção (GESCHKE, 2004), pois uma das grandes vantagens da miniaturização é a manipulação de amostras de pequeno volume (NILSSON, 2004). Assim, os sistemas de análise total ( $\mu$ TAS) serão alvo de pesquisa ainda nas próximas décadas (EIJKEL, 2002) e, em especial, algumas das etapas de preparação de amostras (LICHTENBERG, 2002). Portanto, dentre as várias estruturas para a fabricação de  $\mu$ TAS, dá-se significativo valor àquelas capazes de certas Operações Unitárias, como é o caso das estruturas capazes de separação ou retenção de partículas e classes de compostos químicos, pois um dos grandes problemas que enfrentamos atualmente é a poluição do ar, águas e solos. Estes poluentes podem ter as mais diversas dimensões, porém, um dos maiores problemas a serem estudados é o dos poluentes particulados que podem variar de centenas de *Angstroms* a micrômetros de diâmetro e podem causar sérios problemas ambientais (DAMLE, 1982). A remoção de partículas tanto de meio líquido quanto de meio gasoso é de interesse para aplicações que envolvam pré-tratamentos de amostras para a análise química, especialmente com matrizes complexas, tais como, as medidas de amostras ambientais.

## 1.5 Compostos Orgânicos Voláteis

A separação de compostos é comumente conseguida, especialmente para amostras complexas, pelo uso de cromatografia. VOC's são normalmente analisados por cromatografia gasosa, mas também pode ocorrer o uso de cromatografia líquida, e pode-se fazer uso de pré-concentradores para melhorar a análise quanto ao limite de detecção. No caso de contaminantes particulados metálicos podem-se utilizar, no lugar de pré-concentradores, os impactadores, comuns apenas na fase gasosa. A coleta e separação de partículas na fase líquida é um pouco mais complexa (ZHUANG, 2005) (LIMA, 2009).

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

O intuito deste projeto foi simular (qualitativo e/ou comparativo) em microestruturas a respectiva capacidade de retenção em microcanais usinados na respectiva. Sendo assim, é possível determinar os processos físico-químicos, testando o método em estruturas simples, com dimensões da ordem de centenas de micrômetros, em substrato metálico, úteis para retenção de compostos orgânicos. Fato este que possibilita o desenvolvimento de um modelo de retenção.

Dois meios foram simulados, gasoso (usando ar) e líquido (usando água e glicerol). Aplica-se a tensão de 1 Volt ou 10 Volts nas paredes da estrutura deixando uma parte eletrificada e a outra aterrada gerando um campo elétrico no microcanal. Também simula-se no microcanal a presença de nanopartículas no microcanal.

### 2.1 Tipos de reagente

Os reagentes foram usados como contaminantes do sistema por representarem compostos presentes no meio ambiente. Os escolhidos foram n-hexano e 2-propanol. O n-hexano, apolar, normalmente presente nos combustíveis automotivos (ponto de fusão e ebulição intermediários aos combustíveis comuns) e 2-propanol, polar, escolhido por ser solvente comum.

### 2.2 Microestruturas Helicoidais

Em sistema para retenção e pré-concentração, as características principais são: a área superficial, pois, quanto maior a área, maior será a probabilidade de adsorção (SILVA, 2005) e a dinâmica do fluido, cujo comportamento tem suma relevância para definir uma série de fenômenos secundários indesejáveis, tais como efeito de capilaridade, formação de vórtices, etc. Lima (2004) desenvolveu estruturas em substrato orgânico, acrílico®, usinadas em torno convencional, onde provavelmente a retenção de produtos depende exclusivamente de interações químicas (adsorção e dessorção). A Figura 1 apresenta o esquema da estrutura usinada.

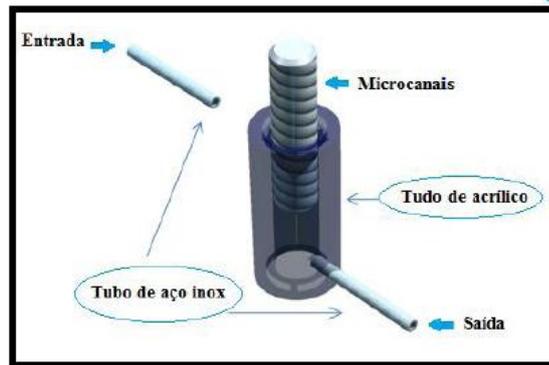


Figura 1 – Esquema microestrutura, junção entre barra roscada e tubos de aço inoxidável (LIMA, 2004; SILVA, 2005).

Para o desenvolvimento deste trabalho usou-se a mesma estrutura proposta por Lima (2004), porém, com substrato de cobre para que o campo elétrico gerado seja uniforme ao longo do microcanal e para que seja possível avaliar a interferência do campo elétrico no microcanal gerando alteração na trajetória da molécula.

### 2.3 Microcanais

Como mencionado anteriormente, a pré-concentração em sistemas miniaturizados é muito dependente das características de microcanais. Nesses canais, além de adsorção, como ocorre nas análises por cromatografia gasosa (BRAITHWAITE, 1996) (GROB, 1995), devido às pequenas dimensões, fenômenos normalmente considerados secundários, como capilaridade, serão sentidos. De modo geral, os efeitos de capilaridade devem ser evitados para que não ocorra a condensação dos contaminantes gasosos na parte interna da coluna.

### 2.4 Adsorção/capilaridade em microestruturas

A adsorção foi bastante estudada por Powders (1997), este propôs um modelo muito simples onde o equilíbrio termodinâmico pode prever a fração da camada da área superficial do sólido que será coberta por um adsorvente, onde esta fração é função da pressão de gás. O adsorvente e as moléculas de solvente adsorvem, de acordo com o modelo, somente em algumas áreas da superfície, denominados sítios ativos.

## 3. RESULTADOS

A estrutura foi simulada para observar a interação entre as partículas e o comportamento do campo elétrico, como este influenciaria na trajetória das partículas. A Figura 2 apresenta a distribuição das linhas do campo elétrico no canal quando aplica-se 1 Volt (Figura 2A), a distribuição do potencial elétrico ao longo do microcanal (Figura 2B), a distribuição das linhas de campo elétrico e potencial elétrico na presença de partículas (Figura 2C). A Figura 2D apresenta a distribuição das linhas do campo elétrico no canal quando aplica-se 10 Volt, a distribuição do potencial elétrico ao longo do microcanal (Figura 2E), a distribuição das linhas de campo elétrico e potencial elétrico na presença de partículas (Figura 2F) em meio gasoso (ar).

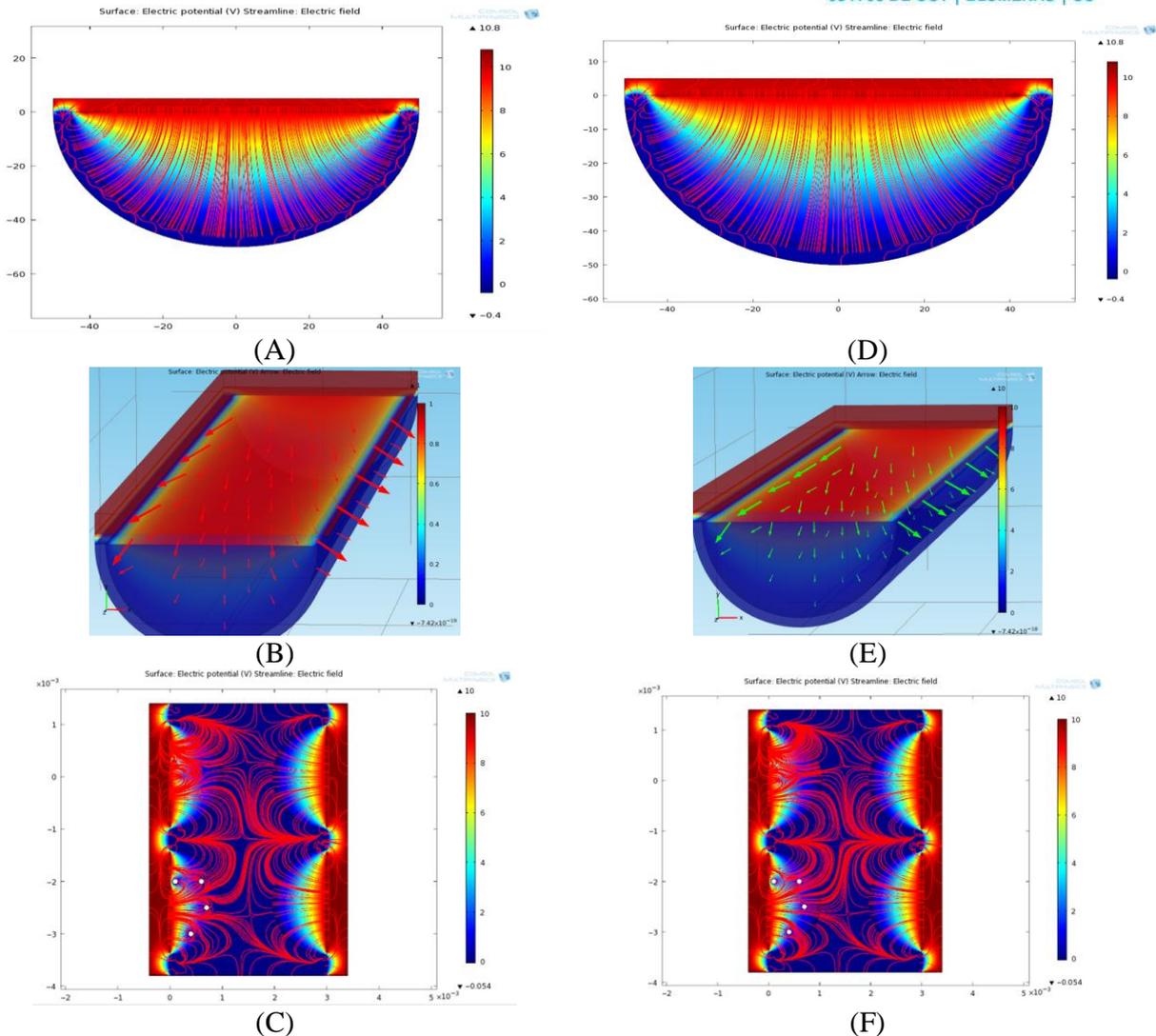


Figura 2 – Estrutura de cobre com aplicação de tensão na região de corte a aterrada no microcanal e ar como meio condutor. (A) distribuição das linhas de campo (linhas vermelhas) quando aplica-se 1 Volt; (B) visão 3D das linhas de campo (setas vermelhas) quando aplica-se 1 Volt; (C) visão das linhas de campo elétrico na presença de partículas quando aplica-se 1 Volt; (D) distribuição das linhas de campo (linhas vermelhas) quando aplica-se 10 Volts; (E) visão 3D das linhas de campo (setas verdes) quando aplica-se 10 Volt e (F) C) visão das linhas de campo elétrico na presença de partículas quando aplica-se 10 Volt;

Observe-se que a distribuição das linhas de campo (linhas vermelhas) no microcanal em meio gasoso (ar) não apresenta diferenças significativas. Também pode-se observar que a coloração variando de azul para vermelho ao longo do microcanal que indica a distribuição do potencial elétrico ao longo do microcanal não sofre variações ao longo da estrutura mesmo que a tensão seja alterada de 1 para 10 Volts, entretanto, as setas indicam que o potencial está favorecendo o direcionamento da trajetória voltado para as paredes do microcanal. Isto pode ajudar na retenção de partículas na estrutura podendo, ainda, otimizar a retenção com a deposição de um filme ou membrana retentora.

A Figura 3 apresenta a distribuição das linhas do campo elétrico no canal quando aplica-se 1 Volt (Figura 3A), a distribuição do potencial elétrico ao longo do microcanal (Figura 3B), a distribuição das linhas de campo elétrico e potencial elétrico quando aplica-se 10 volts (Figura 3C), a distribuição do potencial elétrico ao longo do microcanal (Figura 3D), usando água como meio condutor.

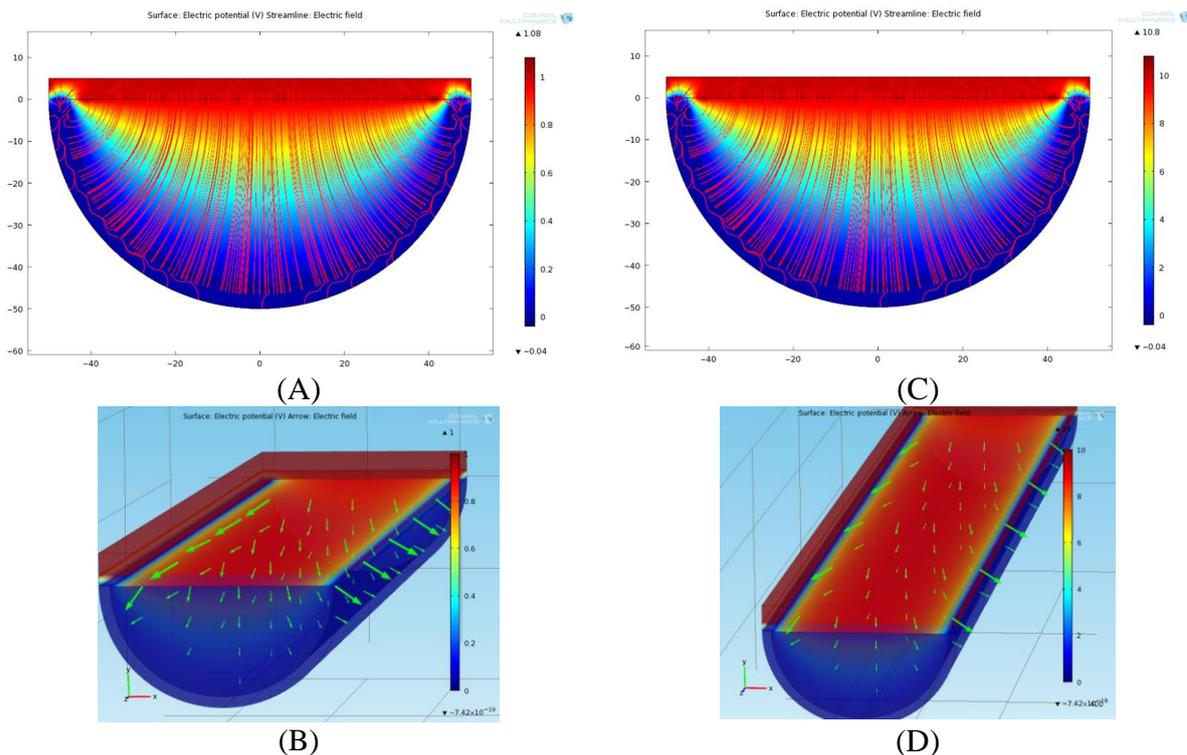


Figura 3 – Estrutura de cobre com aplicação de tensão na região de corte a aterrada no microcanal e água como meio condutor. (A) distribuição das linhas de campo (linhas vermelhas) quando aplica-se 1 Volt; (B) visão 3D das linhas de campo (setas vermelhas) quando aplica-se 1 Volt; (C) distribuição das linhas de campo (linhas vermelhas) quando aplica-se 10 Volts e (D) visão 3D das linhas de campo (setas verdes) quando aplica-se 10.

Ao mudar o meio condutor para aquoso (água), observa-se que a distribuição das linhas de campo (linhas em vermelho) no microcanal não apresenta diferença significativa, entretanto a distribuição do potencial elétrico ao longo da estrutura apresenta variação de 10% (coloração variando de azul para vermelho ao longo do microcanal) quando altera-se a tensão de 1 para 10 Volts como pode ser observado nas barras laterais onde são apresentadas as distribuições lineares das linhas de campo. A formação de vórtices fica mais intensa quando tem-se meio aquoso, principalmente nas paredes. A maior concentração de setas nas paredes do microcanal indica que o potencial está favorecendo o direcionamento da trajetória em meio ao microcanal para as paredes do mesmo. Isto pode ajudar na retenção de partículas principalmente quando compara-se ao meio gasoso.

## 4. CONCLUSÃO

As simulações evidenciaram que é possível construir uma microestrutura capaz de realizar a retenção/separação de metais, como por exemplo, molibdênio. Este permitiu também a demonstração do uso de sensores em sistemas didáticos para ensino em engenharia, utilizando simulador de fácil manipulação/interpretação capaz de auxiliar na escolha de estruturas promissoras evitando gastos desnecessários corroborando com o Desenvolvimento Sustentável.

Esse sistema também pode ser adequado para testes qualitativos para obtenção de compostos usados na fabricação de Radiofármacos, se sofrer algumas modificações. A estrutura apresentou reprodutibilidade no comportamento para diferentes materiais testados

com relação à fabricação da sua estrutura. Ao usar meio condutivos com diferentes viscosidades a estrutura apresentou pouca variação de comportamento. O tamanho da partícula a ser separada/removida é muito influenciado pelo campo elétrico aplicado nas paredes da estrutura fazendo com que ocorra variações significativas na trajetória das partículas até chegarem ao detector (ou final do microcanal). Entretanto, a variação da aplicação de tensão seja de 1 Volt ou 10 Volts não influencia na distribuição do campo elétrico, porém, em situações reais pode resultar na dilatação da estrutura. Mesmo usando meios de propagação diferentes, ou seja, meio líquido ou gasoso, a trajetória da estrutura não é alterada, embora o tempo de detecção seja maior. Para o desenvolvimento de testes quantitativos faz-se necessário a construção e teste das estruturas em laboratório experimental para avaliar se a simulação corresponde aos dados reais.

## Agradecimentos

À FAPESP e ao CNPq pelo apoio financeiro.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRAITHWAITE, A. Chromatographic methods. **John Wiley & Sons**, 1996.
- CHARPENTIER, J.C. & MCKENNA, T.F. Managing complex systems: some trends for the future of chemical and process engineering. **Chemical Engineering Science**, v. 59, i. 8-9, p. 1617-1640, 2004.
- CHARPENTIER, JEAN-CLAUDE. Four main objectives for the future of chemical and process engineering mainly concerned by the science and technologies of new materials production. **Chemical Engineering Journal**, v. 107, i. 1-3, p. 3-17, 2005.
- CHARPENTIER, JEAN-CLAUDE. In the frame of globalization and sustainability, process intensification, a path to the future of chemical and process engineering (molecules into money). **Chemical Engineering Journal**, v. 134, i. 1-3, p. 84-92, 2007.
- DAHM, K. D.; HESKETH, R. P. E SAVELSKI, M. J. Che Curriculum, Is Process Simulation Used Effectively In Che Courses? Che Division Of American Society for Engineering Education, Winter, **ASEE**, p. 192-198, 2002.
- DAMLE, A. S.; ENSOR, D. S.; RANADE, M. B. Coal combustion aerosol formation mechanisms: a review: **Aerosol Sci. Technol**, v. 1, ed. 1, p. 119-133, 1982.
- Disponível em: <http://www.metrohm.com.br/upload/pdf/rastreabilidade/vigor/PB-0017.pdf>.  
Acessado em janeiro 2011.
- EIJKEL, J. C. T.; Naji, O. P.; Monaghan, P. and Manz, A. Can microTAS be Alternatives for Sensors?, **Sensors, Proceedings of IEEE**, v.1, p. 680-683, 2002.
- FREUND, HANNSJÖRG AND SUNDMACHER, KAI. Towards a methodology for the systematic analysis and design of efficient chemical processes: Part 1. From unit operations to elementary process functions. **Chemical Engineering and Processing: Process Intensification**, v. 47, ed. 12, p. 2051-2060, 2008.
- GESCHKE, O.; KLANK, H.; TELLEMAN, P. Microsystem Engineering of Lab-on-a-Chip Devices 2004, **Wiley-VCH**, p. 213-247, (Chapter 10), 2004.
- GROB, R. L. Modern practice of gas chromatography. **John Wiley & Sons**, 1995.
- JAMES, David et. al. Chemical Sensors for Electronic Nose Systems. **Microchimica Acta**, v. 149, n. 2, p. 1-17, 2005.
- KORETSKY, M. D. et. al. Integration of Microelectronics-Based Unit Operations into the Che Curriculum, In: Proceedings Of The 2003 American Society For Engineering Education Annual Conference & Exposition, 2003, **ASEE**, CD ROM, Session 1313, 2003.

- LAGO, C. L., et. al., A Dry Process for Fast Production of Microfluidic Devices Based on the Lamination of Laser-Printed Polyester Films. **Analytical Chemistry**. USA (Michigan), 2003, v. 75, p. 3853-3858.
- LICHTENBERG, J.; ROOJI, N. F.; VERPOORTE, E. Sample pretreatment for chemical analysis. **Talanta**, v.56, p. 233-266, 2002.
- LIMA, R. R. Et. al. (Ed.) Adsorbent new materials and composites produced in a single step, **Sensors and Actuators B** 137, p. 185-194, 2009.
- LIMA, R. R. **Polimerização por plasma de éter e ésteres orgânicos: caracterização e possíveis usos em microeletrônica**. Dissertação de Mestrado, EPUSP, São Paulo, 2004.
- LU, C. J. e Zellers, E.T. A dual-adsorbent preconcentrator for a portable indoor-VOC microsensor system. **Analytical Chemistry**. USA (Michigan), 2001, v. 73, p. 3449-3457.
- MCCABE, W. L.; SMITH, J. C. AND HARRIOTT, P. **Unit operations of chemical engineering**. 4th ed. New York: McGraw-Hill, p. 960, 1985.
- NILSSON, S. & Laurell, T. Miniaturization in analytical and bioanalytical chemistry, **Analytical and Bioanalytical Chemistry**, v. 378, p. 1676-1677, 2004.
- POWDERS, R. N., Handling. Dispersion of Powders in Liquids, in the Kirk. **Othmer Encyclopedia of Chemical Technology**, (Wiley), ed. 4, v. 19, p. 1093-1113, 1997.
- RUZICKA, J. e Hansen, E. H. **Flow Injection Analysis**, ed. 2 John Willey & Sons, USA (New York), 1988.
- RUZICKA, J.e Hansen, E. H. **Anal. Chim. Acta**, v. 78, p. 145. 1975.
- SILVA, L. M. **Conjunto de Estruturas Miniaturizadas para Manipulação de Misturas**. Tese de Doutorado, v.1. São Paulo (São Paulo), EPUSP: 2010.
- SILVA, L. M. **Retenção de compostos orgânicos voláteis em microcanais modificados por filmes adsorventes**. Dissertação de Mestrado, EPUSP, São Paulo, 2005.
- SILVA, M. L. P.; FURLAN, R.; RAMOS, I. Development of Miniaturized Structures and Setups for Research and Teaching of New Concepts in Engineering. **ICEE**, Puerto Rico, p. 3059, 2006.
- SU, AN-JHIH et. al. Control relevant issues in semiconductor manufacturing: Overview with some new results. **Control Engineering Practice** 15, p. 1268–1279, 2007.
- WALAS, S. M. Chemical Process Equipment, **Selection and Design**, Copyright 1990 by Butterworth-Heinemann, a division of Reed Publishing (USA), p. 774, 1990.
- WILLIAMS, J. L. et. al. The Virtual Chemical Engineering Unit Operations Laboratory, Proceedings of the 2003 American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition, **ASEE**, CD-ROM, session 2793, 2003.
- WONG, C & MOWRY, C. D. Separation Methods in Microanalytical Systems. Gas Chromatography on Microchips, **Taylor and Francis**, p. 580, 2006.
- WOOTTON, ROBERT C. R. AND MELLO, ANDREW J. Continuous laminar evaporation: micron-scale distillation. **Chem. Common**, p. 266 – 267, 2004.
- ZHUANG, R.-C. **Synthesis of polymers and oligomers containing fluorinated side groups for the construction of hydrophobic surfaces**. Thesis, Fakultät Mathematik Und Naturwissenschaften Der Tachnischen Universität Dresden, 2005.

## **SIMULATION OF ELECTRIFIED MICROSTRUCTURE ABLE RETAIN VOC'S USED FOR LEARNING ENGINEERING**

**Abstract:** *The aim of this work is show the behavior of microchannels with dimensions on the order of micrometers, these structures obtained in metal substrate, used for analysis involving retention / separation of volatile organic compounds (VOC's). Chose detect VOC's due these being a serious problem environment, present in the gaseous and/or liquid flow. To simulate real life situations used to n-hexane, reagent equivalent to fuel used in cars (steam or saturated aqueous solution) and 2-propanol, equivalent to the solvents present in cleaning materials (steam or aqueous solution). The data regarding the retention/separation were analyzed qualitatively using a simulator, COMSOL 4.0. The results were similar and very promising with respect to the retention of VOC's. The main mode of retention of the species tested was the adsorption and that this is very dependent on the condition of the surface. Therefore, it is possible to understand the behavior of organic compounds retained in microchannels using simulation easy to understand and manipulation, favoring the fixation of learning.*

**Key-words:** *VOCs, Volatile Organic Compounds, Retention, Pre-concentration.*