

# Análise qualitativa do escoamento em um filtro de sangue

**Rudolf Huebner**, Departamento de Engenharia Mecânica – UFMG, e-mail: [rudolf@demec.ufmg.br](mailto:rudolf@demec.ufmg.br), home-page: <http://www.demec.ufmg.br>

**Marcos Pinotti**, Departamento de Engenharia Mecânica – UFMG, e-mail: [pinotti@demec.ufmg.br](mailto:pinotti@demec.ufmg.br), home page: <http://www.demec.ufmg.br>

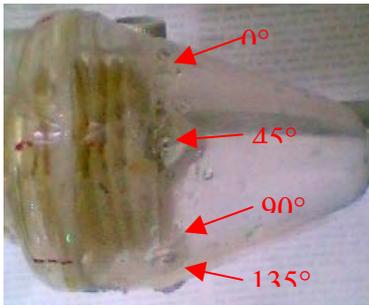
## Introdução

A circulação extracorpórea é um procedimento em que máquinas e aparelhos exercem as funções do coração e pulmão, enquanto estes estão impossibilitados de exercer suas funções, devido à natureza da intervenção cirúrgica. O aprimoramento das técnicas cirúrgicas e a conseqüente indicação da cirurgia com circulação extracorpórea a um maior número de patologias estimularam a evolução das técnicas de circulação extracorpórea e o desenvolvimento dos equipamentos mais sofisticados disponíveis atualmente no mercado (Souza e Elias, 1995). O desvio cardiopulmonar é uma técnica muito difundida entre as equipes que realizam operações cardíacas e é indicada a vários procedimentos cirúrgicos. Danos cerebrais têm sido observados após cirurgias com desvio cardiopulmonar (Aris *et al.*, 1986). A observação de disfunção pulmonar, cardíaca e neurologia no pós-operatório imediato e a sua correlação com a presença de êmbolos estimularam o desenvolvimento e o uso dos filtros. O objetivo destes filtros é aprisionar todo material no sangue circulante no circuito de circulação extracorpórea, originado no equipamento ou no campo cirúrgico. O uso do filtro arterial na remoção de macro e microêmbolos é controverso. Alguns defendem seu uso com o argumento da redução de danos cerebrais enquanto outros consideram seu uso questionável devido à falta de informações clínicas conclusivas (Kim *et al.*, 2000). Na prática médica, a hemólise e a formação de trombos constituem um fator limitante da duração de um procedimento agudo como uma cirurgia cardíaca com desvio cardiopulmonar. Para lidar com tais problemas, é necessário entender como o sangue sofre danos durante sua passagem por órgãos artificiais e somente de posse destas informações é que um critério racional pode ser adotado para o projeto de tais dispositivos (Pinotti, 1996). Uma das principais causas da hemólise em

tais dispositivos é a presença de regiões no escoamento que expõem as hemácias a tensões de cisalhamento ou à turbulência (Kramer, 1970). A presença de vórtices, mudanças acentuadas da direção de escoamento, expansões e pontos de estagnação favorecem o aparecimento de trombos (Goldsmith, 1974, Petschek *et al.*, 1968). A visualização de escoamentos desempenha um papel importante na compreensão de fenômenos hidrodinâmicos, além de fornecer informações qualitativas dos escoamentos. O objetivo deste trabalho é a visualização do escoamento em um filtro de sangue visando compreender a estrutura do escoamento de uma forma global com a possível indicação de estruturas que podem danificar células sanguíneas.

## Metodologia

O filtro apresenta corpo fabricado em acrílico e elemento filtrante em poliéster. Os conectores de entrada e saída são de acrílico reforçado e têm diâmetro de 9,5 mm. O filtro é destinado a pacientes adultos e opera com vazões de até 6 l/min. Uma bancada de testes foi construída para a realização dos testes de visualização. A bancada constituiu-se de uma bomba de circulação extracorpórea, um reservatório para armazenamento do fluido de trabalho, filtro arterial, um medidor de vazão tipo turbina. Os filtros foram imersos em uma caixa de acrílico que funcionou como janela óptica minimizando eventuais distorções. O fluido de trabalho utilizado foi água à temperatura ambiente (25°C). A similaridade de Reynolds foi empregada para se determinar o valor da vazão de água a ser utilizada nos testes. O escoamento foi visualizado por meio da técnica de injeção de corante. O corante foi injetado em 4 orifícios localizados na região lateral do filtro e identificados pelo valor do ângulo em relação a um plano de referência definido pelas linhas de centro do filtro e do cata-bolhas, conforme mostra a figura 1.



**Figura 1: Pontos de injeção de corante e identificação dos planos de visualização.**

As imagens do escoamento foram obtidas utilizando-se uma câmera digital disposta ortogonalmente em relação ao plano de visualização.

### Resultados

A figura 2 mostra a visualização do escoamento no plano 135° para duas posições da agulha em relação à parede interna do filtro.



**Figura 2: Visualizações para injeções efetuadas à 3 e 5 mm da parede, respectivamente.**

Nota-se que o corante flui para esquerda passando pela linha de centro do filtro, sofre uma mudança de direção de escoamento e se dirige para o conector de saída. No quadro da direita observa-se que o corante flui em direção ao centro do filtro onde parte segue para a esquerda, alcançando uma região de recirculação, e parte muda de direção seguindo para a saída do filtro.

A figura 3 mostra os resultados, em dois instantes de tempo, para a agulha posicionada a 8 mm da parede.



**Figura 3: Visualizações para injeções efetuadas à 8 mm da parede**

O quadro à esquerda mostra o instante inicial da injeção de corante na região central do filtro enquanto o quadro à direita mostra o escoamento 41 segundos depois. A visualização mostra a existência de uma região de recirculação favorável à formação de trombos.

### Conclusões

A metodologia proposta possibilitou o mapeamento de regiões críticas no filtro testado. Os resultados indicam a presença de uma zona de recirculação à jusante do elemento filtrante. As visualizações mostram um escoamento assimétrico devido ao posicionamento inadequado do elemento filtrante do filtro.

### Agradecimentos

Este trabalho foi financiado pelo CNPq, processos n°200729/95-0 e n°300556/97-7.

### Referências bibliográficas

- Aris, A., Solanes, H., Cámara, M.L., Junqué, C., Escartin, A., e Caralps, J.M., Arterial line filtration during cardiopulmonary bypass, *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.*, v.91, p.526-533, 1986.
- Goldsmith, H.L. The effects of flow and fluid mechanical stress on red cells and platelets. *Trans. Amer. Soc. Artif. Int. Organs.* v.06, p.21-26, 1974
- Kim, W.G., Kim, K.B. e Yoon, C.J., Scanning microscopic analysis of arterial line filters used in cardiopulmonary bypass, *Artificial Organs*, v.24, n.11, p.874-878, 2000.
- Kramer, C. Studies on flow induced mechanical haemolysis. In: *Fluid Dynamics Of Blood Circulation And Respiratory Flow*, 65, 1970, Napoli. Proceedings..Neully-Sur-Seine:North Atlantic Treaty Organization, Advisory Group for Aerospace Research and Development, 1970, p.5.1-5.8.
- Petschek, H., Adamis, D. e Kantrowitz, A.R. Stagnation flow thrombus formation. *Trans. Amer. Soc. Artif. Int. Organs.* v. XI, p.256-260, 1968.
- Pinotti M., Paone, N. Estimating mechanical blood trauma in centrifugal blood pump: LDA measurements of the mean velocity field. *Artificial Organs*, vol.20, n.6, p.546-552, 1996.
- Souza, M.H.L. e Elias, D.O. *Fundamentos da Circulação Extracorpórea*. Centro Editorial Alfa Rio, Rio de Janeiro, 1995.