

Qualidade dos Tubos de PVC aplicados em Procedimentos de Circulação Extracorpórea¹

Caso: Revestir ou não revestir os tubos de PVC? Eis a questão...

Uma empresa de dispositivos médicos conhecida nacionalmente pelo seu investimento em pesquisa e por ser um avançado polo fabricante de produtos médico-cirúrgico-hospitalares, desenvolve e fabrica produtos das linhas Cardiovascular, Biológica & Soluções, Eletromédicos, Endovascular e Oncologia.

Alguns produtos da linha cardiovascular estão associados a procedimentos de circulação extracorpórea (CEC), esquematizada na Figura 1, que necessitam de tubos, conectores, reservatórios, entre outros, fabricados em policloreto de vinila (PVC). Esse polímero termoplástico é muito utilizado em produtos de aplicações médicas. A Figura 2 apresenta exemplos de diferentes tubos.

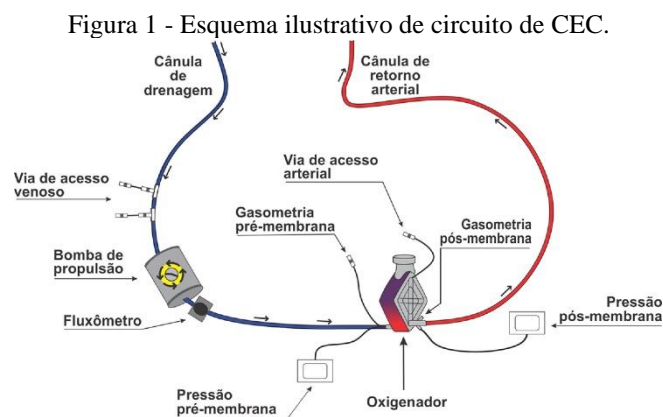


Figura 2 - Exemplos de tubos de hemofiltração para CEC.



Fonte: Medical Expo (<https://www.medicalexpo.com/pt/>)

¹ Fonte: Adaptado de Serra, J. C. V. *Obtenção e caracterização de revestimentos não trombogênicos em tubos de PVC utilizados na circulação extracorpórea*. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2002.

Em um de seus testes em laboratório para o desenvolvimento de tubos, a equipe técnica percebeu que o contato entre o sangue e as superfícies artificiais na CEC estava provocando alterações adversas, que levam a coagulação sanguínea. Esse processo leva a formação de trombos, que podem incrustar nas paredes internas dos tubos, podendo ocasionar o bloqueio total ou parcial do tubo.

Para compreender os aspectos que estavam levando à coagulação, foram avaliadas em laboratório algumas amostras de tubos de PVC. Dentre os métodos de caracterização dos tubos estava a determinação da rugosidade superficial. Sabe-se que se há maior rugosidade, menor é a hemocompatibilidade², ou seja, quanto maior a rugosidade superficial, maior será a área exposta ao sangue. Assim, uma superfície rugosa promove uma coagulação sanguínea mais rápida que uma superfície polida.

Com o intuito de aumentar a hemocompatibilidade dos tubos produzidos, a equipe de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I) da empresa, em parceria com pesquisadores do Departamento de Engenharia de Materiais da Universidade de Saint Patrick, propôs o desenvolvimento e a caracterização de revestimentos superficiais não trombogênicos³ para a utilização na superfície interna dos tubos de PVC. Foram avaliados tubos não revestidos e tubos revestidos com heparina-cloreto de benzalcônio e com plasma de baixa energia (*GlowDischarge*).


O ensaio de rugosidade superficial foi realizado nas superfícies internas de tubos de PVC de calibre 1/2” (12,70mm) não revestidos e revestidos com heparina-cloreto de benzalcônio. As tabelas apresentam os resultados obtidos.

Rugosidade superficial longitudinal de tubos não revestidos em μm .

0,98	0,34	0,66	0,82	1,06	0,96	0,69	0,54	0,88	0,85	0,92	0,72	1,22	0,95	0,48
1,06	0,38	1,13	0,41	0,38	1,37	0,81	0,88	0,45	0,66	0,88	1,02	0,59	0,73	0,59
0,35	0,58	0,60	0,60	0,80	0,53	0,79	1,27	0,40	0,27	0,42	0,84	1,35	0,18	0,57

Rugosidade superficial longitudinal de tubos revestidos com heparina-cloreto de benzalcônio em μm .

0,44	0,41	0,51	0,51	0,21	0,62	0,35	0,49	0,31	0,36	0,27	0,47	0,29	0,32	0,41
0,24	0,50	0,47	0,19	0,21	0,57	0,33	0,38	0,30	0,03	0,48	0,28	0,20	0,42	0,68
0,27	0,50	0,62	0,20	0,40	0,36	0,19	0,29	0,64	0,66	0,38	0,25	0,65	0,37	0,24

A leitura das tabelas se dá a cada linha da esquerda para a direita. 

Informações da área de engenharia quanto às especificações de rugosidade longitudinal dos tubos que garantem maior hemocompatibilidade: $\mu < 0,78$.

² Hemocompatibilidade: habilidade de um material em ser compatível com o sangue.

³ Trombogenicidade: propriedade de um material induzir e/ou promover a formação de trombos.

Para cada conjunto de dados:

- a) Calcule as medidas de tendência central (média, mediana e moda, quando houver).
- b) Calcule os máximos e mínimos amostrais, além dos quartis superior e inferior e a distância interquartis.
- c) Calcule as medidas de dispersão (amplitude, variância e desvio padrão).
- d) Construa os seguintes gráficos para análise: Histograma, Box-plot, Digidot, Ramo e Folhas.

Quando comparamos estatisticamente a amostra dos tubos não revestidos e revestidos, quais conclusões a equipe pode levantar? Qual ferramenta é a mais adequada para comparar os resultados das duas opções de tubos?

Sabe-se que o custo de fabricação de 1cm de tubo de PVC não revestido para CEC é de R\$0,06, enquanto custa R\$0,10 fabricar cada centímetro do tubo revestido com heparina-cloreto de benzalcônio e que a produção mensal dos tubos de ½” é de aproximadamente 100 mil metros. O que sua equipe recomenda? O que os levou a fazer esta escolha?