Bomba com Fluxo Pulsátil

Jeferson Fukushima, UNESP-FEIS, jefersonfukushima@gmail.com
Mateus Faria de Andrade Paschoal, UNESP-FEIS, mateus.f.a.p@gmail.com
Amarildo Tabone Paschoalini, UNESP-FEIS, tabone@dem.feis.unesp.br
Márcio Antonio Bazani, UNESP-FEIS, bazani@dem.feis.unesp.br

Resumo. *Algumas cirurgias, como clipagem de aneurismas, podem ser otimizadas se os médicos tivessem de antemão dados da interação do sangue com as paredes dos vasos sanguíneos. Para tal, pensou-se em desenvolver métodos numéricos, que para validação dos mesmos é necessária a comprovação experimental dos resultados. Assim, este trabalho propõe a construção de uma bomba com fluxo pulsátil, na qual será verificada a interação do sangue com a estrutura dos vasos sanguíneos para futuras comparações com resultados numéricos.*

Palavras chave*: boma pulsátil, métodos numéricos, experimentação.*

1. Introdução

De acordo com a WHO (World Health Organization) e o IBGE (Instituto de Brasileiro de Geografia e Estatística), as doenças cardíacas são os maiores responsáveis pelos óbitos no Brasil e no mundo. Devido a esse fato, deve-se investir cada vez mais em pesquisas na área de cardiologia. Um dos estudos a ser aprofundado é sobre a interação entre o fluxo sanguíneo e as paredes das artérias.

Autores como Machado(2010) mostram o porquê tal estudo é importante. Um exemplo dado por ele é no casso de clipagem de aneurismas, na qual pode ser otimizado, feita mais rapidamente e com menos gastos se os médicos soubessem a velocidade do escoamento, pressão, deslocamento sofrido pelas paredes dos vasos sanguíneos antes ou durante o procedimento cirúrgico.

1.1. Sistema cardiovascular humano

O sistema cardiovascular humano é composto basicamente do coração e dos vasos sanguíneos, cuja função é levar oxigênio e alguns nutrientes para outras células através do sangue.

De acordo com Sistema... (2015), os vasos sanguíneos são ramificações tubulares, os quais transportam o sangue para o resto do corpo. Eles se subdividem em três classes: veias, artérias e capilares. As veias são vasos sanguíneos que chegam ao coração, as artérias são os vasos que saem dele e os capilares são ramificações muito finas na qual ocorrem as trocas gasosas.

O coração por sua vez é um órgão musculoso que bombeia o sangue venoso para os pulmões e sangue arterial para as células do corpo. Sangue venoso é um sangue rico em gás carbônico, ao passo que o arterial é rico em gás oxigênio. Esse órgão possui quatro cavidades: átrio esquerdo, ventrículo esquerdo, átrio direito e ventrículo direito. A figura 1 mostra o esquema do sistema circulatório humano.

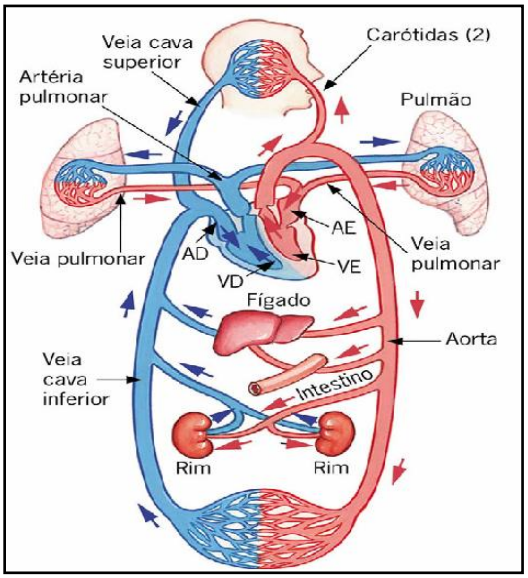


Figura 1: Representação esquemática do sistema circulatório humano (Fonte: Hall, J. E.; Guyton, A. C., 2006).

Ao bombear o sangue, o coração realiza dois movimentos: o de sístole (contração) e de diástole (relaxamento). A sístole é responsável pelo impulsionamento do sangue para fora do coração e a diástole é responsável pelo enchimento dos ventrículos.

Dependendo da pressão sanguínea, os vasos podem se dilatar mais ou menos. Se um dado vaso dilatar-se muito, o mesmo tende a romper-se mais facilmente, causando hemorragia em um indivíduo. Tal problema denomina-se anurisma.

1.2. Interação fluido-estrutura na bioengenharia

Segundo Rocha(2011) quando uma tubulação é encarregada de carregar certo fluido e o mesmo apresenta flutuações de fluxo, ela fica submetida a cargas hidrodinâmicas severas. Por conta disso, as paredes de um vaso sanguíneo são submetidas constantemente a essas cargas. Como dito anteriormente, seria de extrema importância na medicina a predição da força necessária de um clipe para obstruir um aneurisma. Para tal, podem-se desenvolver métodos numéricos para pessoas propensas a esse tipo de problema, tornando o processo de clipagem mais rápido, barato e eficiente. Entretanto, métodos numéricos estão sempre sujeitos a erros e instabilidades numéricas, tornando, assim, indispensável à validação dos resultados obtidos computacionalmente antes de publicar o algoritmo.

2. Objetivos

Este trabalho tem como objetivo construir uma bomba de fluxo pulsátil para simular um coração humano saudável e analisar a interação fluido- estrutura entre o sangue e as paredes dos vasos sanguíneos afim de futuramente validar algoritmos que prevêem tais interações.

3. Metodologia e Materiais

Primeiramente, este trabalho se limitará no estudo de uma bomba com fluxo pulsátil.

Afim de construir uma bomba pensou-se na utilização de um sistema came-seguidor, pois o came tem como característica principal transformar movimento angular do motor em movimento translacional. O came também pode ser projetada de modo a fazer o fluxo de sangue ser pulsátil. Acoplado no came, vem o seguidor com um rolete em uma extremidade (para o deslizamento do came) e um pistão na outra. E para rotacionar o came, colocou-o no eixo de um motor elétrico. Entre o pistão e o seguidor foi colocado uma mola para controlar a força de propulsão do pistão. O pistão por sua vez está acoplado a dois tubos: um para impulsionar o fluido mimetizador do sangue para o mecanismo e o outro para injetar novamente o líquido no sistema. Pode-se ver uma esquematização do aparelho na figura Fig. (4).

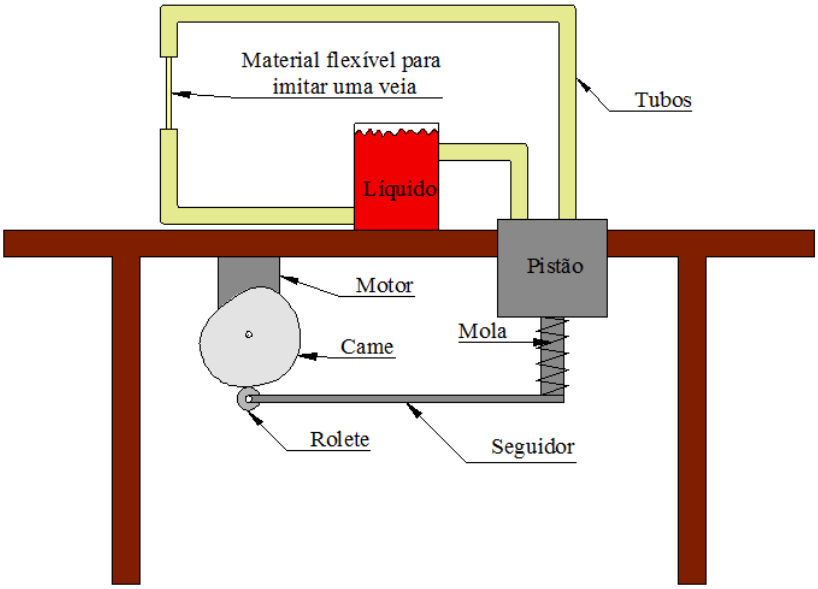


Figura 4. Esquema da bomba pulsátil construída

Dentro da câmara do pistão existem as conexões com os tubos. Para evitar que o sangue siga outro caminho a não ser do pistão para os tubos e dos tubos para o reservatório foi-se colocada esferas nos conectores dos tubos com o pistão. Na figura Fig. (5) pode-se ver um esquema do mecanismo das esferas durante o ciclo.

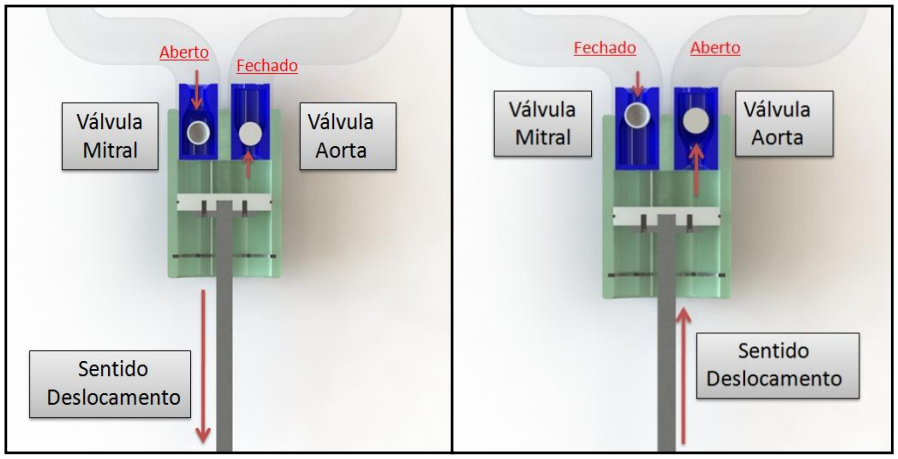
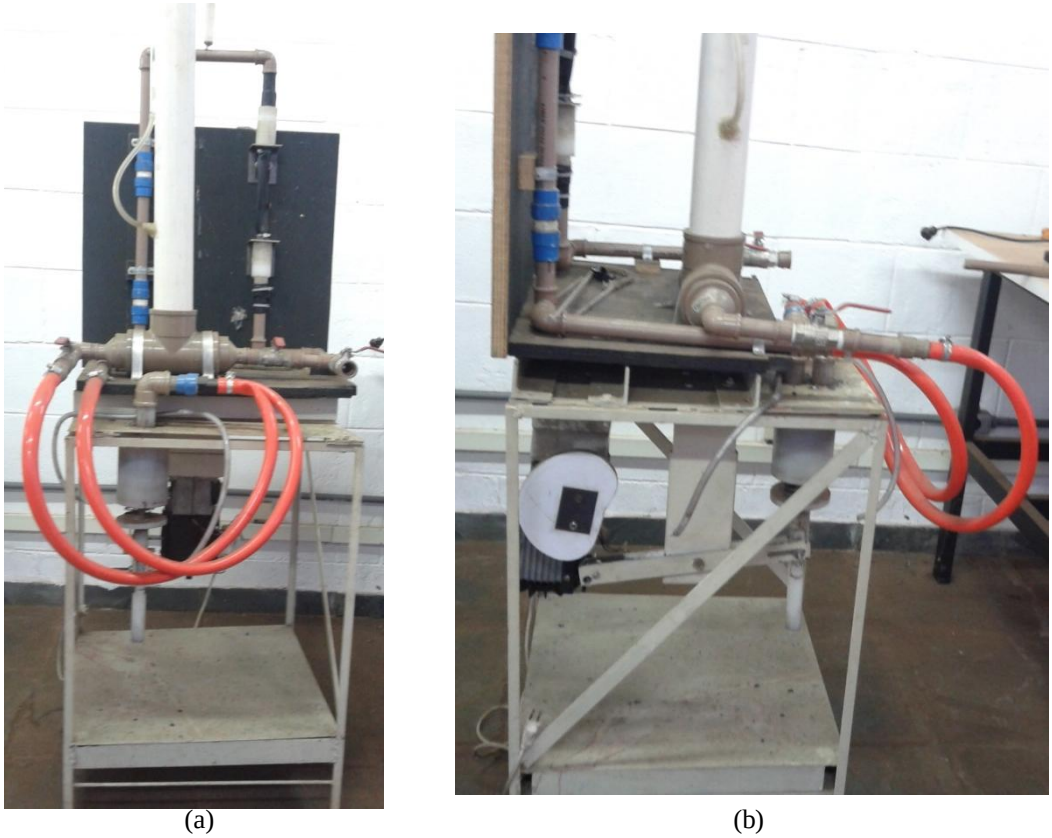


Figura 5. Ilustração do mecanismo durante o ciclo. Na imagem à esquerda sobre o processo de admissão, na da direita sofre a exaustão

Com relação aos materiais utilizados tem-se que as partes que não estarão em contato com o fluido mimetizador foram feitas de alumínio (came) e aço (seguidor e rolete). As demais partes, com exceção do tubo flexível que imitará uma veia o qual é feito de látex, foram feitos de PVC rígido.

4. Observações do Aparato

Pode-se visualizar a bomba construída na Fig. 6.



(a) (b)

Figura 6. Mecanismo da bomba pulsátil came-seguidor construído: (a) vista frontal e (b) vista lateral esquerda

Ao ligar o aparelho, notou-se que o tubo de látex se expandia com a passagem do fluido. Entretanto, não realizou-se medidas de vazão e pressão do fluido para se determinar se o fluxo obtido é pulsátil. Futuramente pretende-se utilizar medidores de vazão e de pressão para monitoramento do escoamento, enquanto que a dilatação da artéria será feita através de análises de imagens.

Não muito depois de ligar o mesmo, verificou-se que a vedação do mesmo foi feita de modo incorreto, visto que ele apresentou vazamento. Tal observação é importante na continuação do trabalho, pois com vazamento, o fluxo diminui gradativamente com o tempo, tornando inviáveis medições como vazão, pressão, deformação específica do tubo de látex, entre outras. Contudo, com a montagem já realizada do aparato, ensaios futuros serão realizadas com ele.

Outro detalhe importante a ser trabalhado na continuação do projeto é com relação instalação de um inversor de frequências para garantir uma pressão pulsátil com diversas faixas de pressões sistólicas e diastólicas.

5. Conclusões

Observou-se que o aparato necessita de pequenas modificações, como melhor vedação e instalação de um inversor de frequências, para futuras medições, entretanto o mesmo já se mostra funcional.

6. Referências

GITELMAN, G.W. et al Implementação de um sistema capaz de mimetizar o fluxo Sanguíneo para Ensaio de Equipamento Doppler. CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA BIOMÉDICA, 20, 2006, São Pedro. Anais... São Pedro, 2006. p.858-861.

Hall, John E.; Guyton, Arthur C.Tratado de Fisiologia Médica - 11ª Ed. 2006- Editora: Elsevier / Medicina Nacionais.

MACHADO, Danilo Agostini. **Construção de um dispositivo de simulação do escoamento pulsátil em artérias.** 2010. 84 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual Paulista (unesp), Ilha Solteira, 2010. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/94513>. Acesso em: 12 fev. 2015.

ROCHA, Rogerio Gomes da. **INTERAÇÃO FLUIDO-ESTRUTURA EM SISTEMAS DE TUBULAÇÕES CONDUZINDO LÍQUIDOS VIA MÉTODO DE GLIMM.** 2011. 84 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia MecÂnica, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2011. Disponível em: <http://www.mec.uff.br/pdfteses/RogerioGomesdaRocha2011.pdf>. Acesso em: 12 fev. 2015.

SISTEMA Cardiovascular Circulação e vasos sangüíneos. 212: 12212, 12. Disponível em: < http://goo.gl/gHHkno >. Acesso em: 12 fev. 2015.

World Health Organization (WHO) (Org.). **The top 10 causes of death.** Disponível em: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs310/en/>. Acesso em: 23 ago. 2014.

7. AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a todos os envolvidos no projeto e que trabalharam para o mesmo ser desenvolvido.

8. ABSTRACT

Some surgeries, like clipping of aneurysms, can be optimized if the doctors have beforehand data of the interaction between the blood and the walls of blood vessels. To that predictive capacity, was thought in develop numerical methods, which need validation via experimental data. Thus, this work propose the construction of a pump with pulsatile flow, that will be verified the interaction between the blood and the structure of blood vessels to, in the future, compare with numerical methods.

9. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.