



# I EAICTI

## I Encontro Anual de Iniciação Científica, Tecnológica e Inovação

### **Desenvolvimento de um sistema de mecanismo de bombeamento peristáltico para equipamentos de controle automático de fluidos em procedimentos endoscópicos**

Narco Afonso Ravazzoli Maciejewski<sup>1</sup> (PIBITI/CNPq/Unioeste), Wu Feng Chung<sup>12</sup> (Orientador), Huei Diana Lee<sup>12</sup>, Moacir Fontequê Jr.<sup>12</sup>, Jediel Levi Ribas Teixeira<sup>1</sup>, e-mail: narcoafonso@gmail.com.

<sup>1</sup> Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE)/Centro de Engenharias e Ciências Exatas/Foz do Iguaçu, PR.

<sup>2</sup> Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)/Faculdade de Ciências Médicas/Campinas, SP.

**Área e subárea:** Ciência Exata, Tecnológica e Multidisciplinar – Biotecnologia

**Palavras-chave:** lavagem intestinal, colonoscópio, fluidodinâmica

#### **Resumo**

A visibilidade das lesões é vital no procedimento endoscópico. Assim, este trabalho apresenta o desenvolvimento de um sistema de bombeamento peristáltico para colonoscópio. Para isso, processos de modelagem matemática e de simulação computacional foram aplicados no dimensionamento e na construção do protótipo e as perdas da carga assim como a análise da vazão de instilação foram comparadas nos três cenários experimentais, alcançando-se, em ambos os parâmetros, diferenças estatísticas significantes para  $p < 0,001$ . O mecanismo de bombeamento mostrou exatidão média de 84,9% e precisão de 2,9%. Foi possível concluir que para o dimensionamento do protótipo é indispensável o uso de simulações computacionais, pois a modelagem matemática não foi capaz de englobar todas as variáveis presentes. Ainda, o sistema de bombeamento mostrou perda de volume e de carga real, decorrente ao refluxo e a variáveis como rugosidade das mangueiras, respectivamente.

#### **Introdução**

A precisão diagnóstica em medicina é considerada essencial no processo de tratamento e de prevenção das doenças. Na área de endoscopia, uma das preocupações existentes é a adequação da lavagem das áreas a serem investigadas. Atualmente, para aumentar a visibilidade das possíveis lesões existentes é realizada pressurização manual de fluido através de seringas (Fontequê JR, 2014). Assim, acredita-se que a confecção de uma bomba de lavagem com controle automático seja benéfica no procedimento endoscópico e critérios como vedação eficiente (Pox *et al.*, 2012), baixa emissão de ruídos, resistência aos desgastes, facilidade de manutenção e baixo custo operacional são itens altamente desejáveis (Cassiolato, 2014). Nesse contexto, os mecanismos de bombeamento



# I EAICTI

## I Encontro Anual de Iniciação Científica, Tecnológica e Inovação

peristáltico se mostram adequados e preenchem os requisitos descritos (Carvalho, 1976). Neste projeto, foram analisadas as técnicas fundamentadas em conceitos físicos para o desenvolvimento de mecanismo de lavagem tecidual por bombeamento peristáltico em colonoscópio. Com isso, acredita-se que a visibilidade das lesões teciduais intestinais será mais adequada, e esse fato poderá contribuir para o aumento da precisão dos diagnósticos realizados.

### Materiais e Métodos

Os materiais utilizados no delineamento experimental foram: a) Um computador Acer 5733-64, com os aplicativos Ansys1, GraphPadPrism2 e SolidWorks3, b) Mecanismo motriz tipo motorreductor (Maia G6242/203-13575-12V/238RPM), c) Mangueira Marlow Watson (Tygon), diâmetro externo de 8,0 mm/espessura e parede de 1,6 mm, d) Buchas de bronze e) Fresa CNC com eixos x, y e z de 0,05 mm, f) Encoder óptico: 40 fendas/volta, leitura por acoplamento óptico-faixa de infravermelho, acoplamento direto ao eixo de rotação do rotor e controle por contagem acumulativa do número de fendas (períodos/segundo), f) Controle de acionamento: placa de controle do protótipo gerenciada por microcontrolador (Texas Instruments), modelo MSP430F169/16bits, controle da potência de acionamento do motor PWM (modulação por largura de pulso), frequência de 1.700 Hz e ciclo (duty cycle) de 5% a 100% e g) Proveta graduada: 250 ml de capacidade e resolução de 2 ml.

O delineamento experimental iniciou-se com: 1) Reuniões com especialistas médicos para identificação de melhorias no método de lavagem pelo endoscópio e configuração dos métodos de simulação computacional e de ajuste matemático; 2) Determinação das condições iniciais e de contorno para o dimensionamento do protótipo usando como critérios de entrada para simulações tridimensionais os parâmetros cabeçote estático, fluido de trabalho (água), rugosidade interna constante da mangueira e movimento fixo de giro do rotor, sendo realizadas em software *Ansys1* realizando o equacionamento diferencial; 3) Dimensionamento do protótipo por simulações computacionais e por ajuste matemático caracterizada por 30 ciclos de experimentos e vazão de 700, 1000 e 1500ml/min com volume de 150 ml de água. Detecção dos valores das perdas de carga fluídica no modelo peristáltico; 4) Representação dos componentes por meio do aplicativo *Solid Works3* (Figura 1); 5) Montagem do protótipo com construção do cabeçote, do rotor, dos roletes, das buchas internas aos roletes e do *encoder*. Utilização de motor de escovas (127 volts) e redução (220 RPM) e confecção de conectores escamados para acoplamento da mangueira (tipo *Tygon*) em bronze; 6) Realização dos experimentos e aquisição de dados do protótipo com análise de 30 ciclos com os parâmetros determinados no item 3; 7) Avaliação dos dados por meio de estatística descritiva e analítica.

### Resultados e Discussão

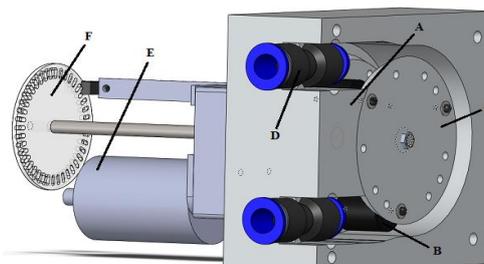
Neste trabalho desenvolveu-se um protótipo de bomba peristáltica (BP) para auxiliar no procedimento endoscópico. O cabeçote, decorrente à geometria complexa, foi



# I EAICTI

## I Encontro Anual de Iniciação Científica, Tecnológica e Inovação

construído por fresa CNC. O rotor e os roletes foram construídos em alumínio e *nylon*, respectivamente, sendo o primeiro componente perfurado em placa graduada por fresa convencional decorrente à precisão na feitura dos furos, locais estes de



**Figura 1** – Componentes do protótipo: (A) cabeçote, (B) rolete, (C) rotor, (D) engates da mangueira, (E) motor de escovas e (F) *encoder* óptico.

acoplamento dos três roletes. Os roletes de *nylon* apresentam em seu interior buchas de bronze grafitado, os quais proporcionam melhor escorregamento giratório quando acoplados a eixos de aço devido à maior dureza do aço sobre o bronze. O motor utilizado possui fator de segurança em termos de velocidade e de torque, contribuindo para a precisão dos comandos e, um *encoder* óptico em *nylon* e engates escamados, em bronze, foi construído para tornar mais eficiente o controle e a conexão das mangueiras, respectivamente. Após, iniciaram-se os experimentos de perda de carga (PC) e de análise volumétrica da vazão de instilação (VI) nos três cenários experimentais e, em ambos os parâmetros, alcançaram-se diferenças estatísticas significantes para  $p < 0,0001$  (ANOVA) e pós teste de Tukey ( $p < 0,001$ ) com nível de significância de 5% (Tabelas 1 e 2). As avaliações demonstraram que a exatidão dos resultados de ajustes é maior quando aplicada a simulação computacional tridimensional, pois os modelos matemáticos determinados deixam de analisar diversas variáveis no cálculo dos atributos desejáveis.

**Tabela 1:** PC médias com os respectivos desvios-padrão (DP).

Método analisado	Médias (Pascal)	DP (Pascal)
Modelos matemáticos	100,73	12,27
Simulação computacional	1959,87	89,85
Dados experimentais	2990,30	102,11

A PC média na simulação apresentou 65,54% do valor proveniente do protótipo, pois esse método utiliza diversas equações diferenciais dependentes entre si, além de utilizar maior quantidade de atributos como rugosidade da mangueira em seus cálculos. Na análise da vedação, não foi observado refluxo na tubulação com a bomba parada. Na análise volumétrica observou-se que há uma perda de volume pela falha na vedação do sistema e quando comparado os volumes coletados para cada VI, o mecanismo apresentou volume médio de 127,40ml e DP de 1,55ml. Com isso, o mecanismo de bombeamento proporcionou uma exatidão média de 84,90% e precisão de 2,90%. A diferença entre os três grupos é dada pela existência da



# I EAICTI

## I Encontro Anual de Iniciação Científica, Tecnológica e Inovação

inércia no sistema até a sua parada, sendo que para vazões mais elevadas, o volume residual torna-se maior, ou seja, quanto maior a vazão, maior a inércia, e, conseqüentemente, maior o volume residual.

**Tabela 2:** Volumes ejetados médios e volume residual nas vazões estudadas.

Vazão (ml/min)	Volume médio (ml)	DP (ml)	Volume residual (ml)
700	137,15	2,88	12,85
1000	132,48	3,17	17,52
1500	123,63	1,47	26,37

Foi possível observar que há refluxo no sistema de 15,10% com a bomba em movimento. Esse fluido retorna ao reservatório tornando-se quase que integralmente em volume residual do bombeamento. Para se reduzir o refluxo será necessário ajustar o projeto mecânico na simulação e, após, na construção usando a PC real como realimentação. A PC real também é alta e pode ser melhorada usando mangueiras com menor rugosidade interna e diminuindo as barreiras de passagem de líquido.

### Conclusões

Neste projeto foi possível concluir que para um melhor dimensionamento do protótipo é indispensável o uso de simulações computacionais, pois a modelagem matemática numérica não foi suficiente para englobar todas as variáveis necessárias. No sistema de bombeamento construído existe perda de volume e de carga real causadas pelo mecanismo de refluxo e variáveis como rugosidade das mangueiras, respectivamente, os quais poderão ser contornados com ajustes no projeto mecânico futuro.

### Agradecimentos

Ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Tecnológica - PIBITI/CNPQ - pela concessão de bolsa de iniciação tecnológica.

### Referências

Carvalho, P.R.M. **Companhia de Tecnologia. Bombas hidráulicas.** In: **Bombas hidráulicas.** CETESB, 1976.

Cassiolato, C. **Como a blindagem pode ajudar a minimizar ruídos.** Atual Mecatrônica, 2014. Disponível em: <http://www.mecatronicaatual.com.br/educação/2440-como-a-blindagem-pode-ajudar-a-minimizar-ruídos>. Acesso: 09/12/2014.

Foneteque J.R., M. (2014). **Método de lavagem de tecido colorretal para colonoscópios, com controle automático dos parâmetros vazão e volume.** Dissertação de mestrado, Programa de Pós Graduação em Engenharia de Sistemas Dinâmicos e Energéticos, UNIOESTE, Foz do Iguaçu.

Pox, C.P., et al. (2012). **Efficacy of a nationwide screening colonoscopy program for colorectal cancer.** *Gastroenterology*, **142(7)**, 1460-7.e2. doi: 10.1053/j.gastro.2012.03.022.