



## II EACTI II Encontro Anual de Iniciação Científica, Tecnológica e Inovação

### Dimensionamento de Perdas Térmicas e de Carga para o Controle Automático da Temperatura de Fluidos em Equipamento utilizado em Endoscopia Digestiva.

Igor Utzig Picco<sup>1</sup> (PIBIC/CNPq/Unioeste), Wu Feng Chung<sup>1,2</sup> (Orientador), Hwei Diana Lee<sup>1,2</sup>, Moacir Fonteque Jr.<sup>1</sup> e-mail: picco.igor@gmail.com

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

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

**Área/subárea:** Engenharias / Engenharia Biomédica.

**Palavras-chave:** colonoscopia, lavagem colorretal, refrigeração.

#### Resumo

Este trabalho tem como objetivo apresentar a análise de um sistema térmico para uma bomba peristáltica utilizada em procedimentos de colonoscopia. A curva característica de refrigeração foi obtida a partir de medidas experimentais. Foi observado que o modelo polinomial de ordem 6 foi o que mais se adequou à curva com um coeficiente  $R^2=0,99979$ . De acordo com os resultados do protótipo original comparados aos resultados do protótipo modificado neste trabalho conclui-se que o sistema de refrigeração por compressão é, assim como o sistema usando pastilhas de Peltier, melhor representado pelo modelo polinomial. No entanto, pode ser mais vantajoso, pois realiza a operação com menos consumo de energia elétrica.

#### Introdução

Exames por via colonoscópica são de vital importância para o diagnóstico e o tratamento de enfermidades da região colorretal (Quilici & Grecco, 2000). É essencial que seja feita a limpeza efetiva no cólon para a realização de um exame seguro e apropriado, pois a presença de resíduos intraluminais pode impedir a visualização de possíveis lesões (Sobed, 1994). Geralmente essa limpeza não é feita de forma satisfatória ou é de custo elevado devido aos equipamentos utilizados. Além disso, seria interessante prover temperaturas mais elevadas ou mais baixas da água para a limpeza do trato intestinal, devido a propriedades lipossolúveis e vaso cicatrizantes, respectivamente.

Tendo em vista a criação de um dispositivo de limpeza eficaz e preciso foi desenvolvida uma bomba peristáltica com temperatura e vazão controláveis



## II EACTI

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

(Fonteque Jr., 2014). Para isso, torna-se fundamental o estudo das propriedades termodinâmicas dos fluidos e dos sólidos envolvidos, assim como o conhecimento sobre os métodos de aquecimento e resfriamento utilizados na bomba peristáltica.

Esse dispositivo construído conta com dois reservatórios, um para refrigeração da água e outro para o aquecimento da água, tendo cada reservatório seu próprio sistema térmico que opera com base nas células de Peltier (Maciejewski *et al.*, 2014). Essas células são dispositivos que operam por meio do efeito termoelétrico, o qual é determinado por uma corrente elétrica imposta a dois fios elétricos de materiais diferentes, unidos pelas extremidades. Com isso, uma diferença de temperatura é constatada entre as suas junções (Maidana *et al.*, 2007). Vale ressaltar que, entre as vantagens do uso das células de Peltier, pode-se destacar: sistema de peso adequado, controle de temperatura preciso, presença de baixo ruído durante o funcionamento, reduzida sensação de vibração, requisito de menos espaço físico que os ciclos por compressão e absorção e necessidade de menos manutenção (Fernandes *et al.*, 2010). Essas características são imprescindíveis em um ambiente de procedimentos hospitalares (Fonteque Jr., 2014). Apesar de tais características favorecem a aplicação das células de Peltier, há deficiências no uso de refrigeração termoelétrica, como o tempo necessário para refrigeração e o consumo de energia (Maidana *et al.*, 2007).

Após análise dos principais métodos de refrigeração disponíveis no mercado, foi escolhido para ser utilizado como alternativa no protótipo, o sistema de refrigeração por compressão que utiliza as transformações físicas de um gás para realizar as mudanças de temperatura. Esses sistemas são os mais utilizados em operações residenciais e industriais (De Moraes, 2013) e atendem aos pré-requisitos para utilização em ambientes hospitalares. No entanto, apresentam tamanho maior que os sistemas baseados em células de Peltier. Assim sendo, foi construído neste projeto um reservatório com volume e características termofísicas semelhantes ao reservatório utilizado em Maciejewski *et al.* (2014), e junto a ele foi instalado um sistema de resfriamento que opera pelo mecanismo termodinâmico por compressão.

Esse projeto teve como objetivo analisar o comportamento do novo sistema de refrigeração proposto para a bomba peristáltica, levando em consideração sua curva de resfriamento característica determinada experimentalmente.

### Material e Métodos

Os materiais utilizados nesse trabalho foram: a) Placa de aquisição de dados datalogger NOVUS – MyPCLab ([www.novus.com.br](http://www.novus.com.br)); b) Dois termopares tipo “K”; c) Notebook Dell Inspiron 14 com o software Origin Pro 8 ([www.originlab.com/Origin](http://www.originlab.com/Origin)) e GraphPad ([www.graphpad.com/scientific-software/prism](http://www.graphpad.com/scientific-software/prism)); d) Notebook Acer ASPIRE ONE D255E; e) Proveta de vidro Labor Quimi 250ml e f) Compressor AZA0345YAS (Tecumseh, 2016).



## II EAICTI

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

O delineamento experimental foi configurado em: Etapa 1 - Estabeleceu-se a temperatura de 20°C no ambiente no qual seria realizado o experimento (temperatura essa certificada por termopar tipo “K”). Em seguida foi estabelecida a temperatura de 21°C para a água que se encontrava dentro do reservatório (temperatura certificada por termopar tipo “K”). Etapa 2 - O sistema de aquisição de dados foi montado (um termopar conectado em uma ponta a uma placa de captura de dados datalogger e na outra ponta submerso no líquido que seria resfriado durante o experimento). Os valores correspondentes à temperatura medida foram enviados à placa de captura datalogger conectada a um computador para armazenamento e organização dos dados. Etapa 3- O sistema de refrigeração foi ligado e os dados coletados. Essa etapa foi repetida 10 vezes. Etapa 4 - Com a média dos dados coletados, foi obtida a curva de resfriamento, utilizando-se o software Origin Pro 8, sendo essa curva temperatura *versus* tempo.

### Resultados e Discussão

Utilizando o valor médio das temperaturas obtidas em cada instante de tempo, foi modelada a curva de resfriamento. Os modelos de ajuste sigmoidal, polinomial e exponencial foram avaliados para a verificação da melhor adequação à curva experimental. Devido às características dos dados experimentais, foi aplicado o teste estatístico de Kruskal Wallis para amostras não pareadas e não paramétricas, por meio do qual se constatou diferença estatisticamente significativa entre as tomadas (nível de significância de 5%).

O modelo gerado pelo ajuste polinomial de grau 6 foi o que melhor se ajustou à curva (Equação 1), com  $R^2=0,99979$ , ou seja, esse ajuste foi o que mais se aproximou do valor um, sendo o mais fidedigno em relação a todos os comportamentos térmicos modelados. Esse resultado corrobora com o de Maciejewski *et al.* (2014), no qual o modelo de melhor ajuste foi também o polinomial. Na Tabela 1 são apresentados os valores de  $R^2$  para todos os modelos avaliados.

**Tabela 1** – Tabela com os coeficientes  $R^2$  de cada tipo de curva modelada.

Coeficiente $R^2$	Tipo de gráfico
0,99412	Curva polinomial de grau 2
0,99630	Curva polinomial de grau 3
0,99951	Curva polinomial de grau 4
0,99973	Curva polinomial de grau 5
0,99979	Curva polinomial de grau 6
0,98536	Curva exponencial
0,99940	Curva Sigmoidal



## II EAICTI II Encontro Anual de Iniciação Científica, Tecnológica e Inovação

Isso pode ser explicado pelo fato do melhor ajuste pelo método polinomial utilizar seis parâmetros na equação de ajuste, permitindo uma maior quantidade de parâmetros para ajustar, de modo mais exato, o fenômeno a ser representado.

$$Y = 3,09362 + 0,19554 * x - 5,9404E-4 * x^2 + 7,53355E-7 * x^3 - 4,73144E-10 * x^4 + 1,44714E-13 * x^5 - 1,71735E-17 * x^6 \quad (\text{Eq. 1})$$

onde y equivale à temperatura (Celsius) e x corresponde ao tempo (segundos).

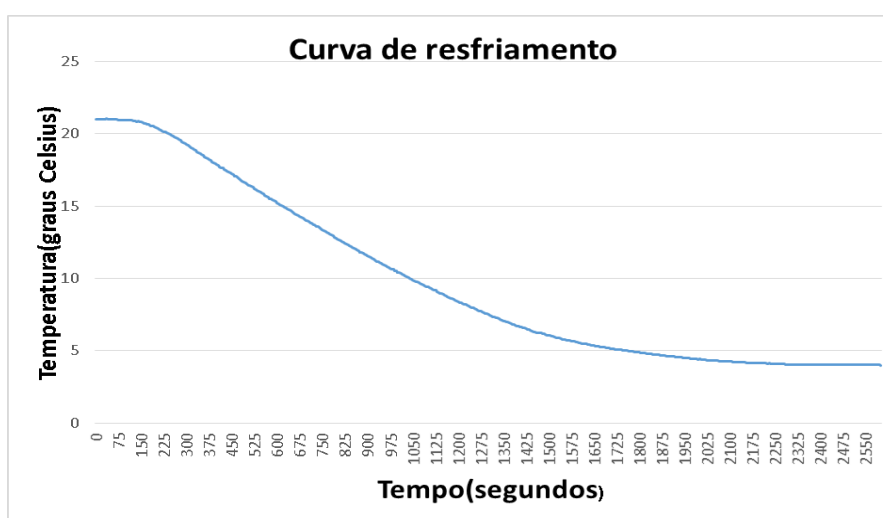


Figura 1 – Gráfico da Equação 1.

Neste trabalho foi também medido o tempo necessário para levar a água de 21°C para 4°C. O gráfico da Figura 1 mostra que o novo sistema demorou em média 2600 segundos (43,33 minutos com DP=577 segundos) para tal tarefa.

Outro aspecto importante é o consumo de energia. O sistema de refrigeração por compressão consome 104W de potência (Tecumseh, 2016), enquanto o sistema de refrigeração por Peltier (duas pastilhas) consome 516W (Thermonamic, 2016). Portanto, o baixo consumo de energia do sistema com compressor constitui uma vantagem em relação ao sistema original.

### Conclusões

Os resultados deste trabalho permitiram concluir que o modelo polinomial de grau 6 foi o que melhor permitiu ajustar a curva de temperatura em função do tempo, corroborando com trabalho anterior (Maciejewski *et al.*, 2014). Portanto esse modelo será implementado no sistema baseado em microcontrolador para aplicações na área médica que está sendo construído. Além disso, de acordo com as especificações técnicas do compressor e das pastilhas de Peltier, o consumo do



## II EACTI

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

sistema com compressor é de apenas 1/5 quando comparado ao sistema com pastilhas de Peltier, sendo portanto uma vantagem a ser considerada a favor do sistema com compressor. Trabalhos futuros incluem a medição do tempo de resfriamento, de 21°C para 4°C, do sistema usando pastilhas de Peltier.

#### Agradecimentos

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

#### Referências

De Moraes, W.A. (2013). *Estudo do ruído de refrigeradores causado pela pulsação do fluido refrigerante no condensador*. Tese de doutorado, Universidade Federal de Santa Catarina.

Fernandes, J.D., Braz, A.F., Machado, L.S.S.X., Pimentel, E.S., Farias, A.V.A. & Campos, A.L.P.S. (2010). Refrigeração utilizando pastilhas de efeito Peltier. *HOLOS* 2, 25-31.

Fontequê Jr., M. (2014). *Método de lavagem de tecido colorretal para colonoscópios, com controle automático dos parâmetros vazão e volume*. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual do Oeste do Paraná.

Maciejewski, N.A.R., Lee, H.D., Fontequê Jr., M., Coy, C.S.R. & Chung, W.F. (2014). Estudo do Controle de Temperatura de Fluidos por Meio de Microcontroladores. In Anais do 23º Encontro Anual de Iniciação Científica, Londrina, Paraná, Brasil.

Maidana, C.F., Marin, A., Adamski R.M. & Trindade R.A. Bancada para Medida de Eficácia Térmica de Pastilhas de Efeito Peltier. <http://143.54.70.55/pss/medterm/20072/peltier.pdf>. Acesso em 21 fev. 2016.

Quilici, F. A. & Grecco, E. C. (2000). *Colonoscopia*. São Paulo: Lemos Editorial.

Sobed (2004). *Endoscopia Digestiva*. Rio de Janeiro: MEDSI.

Tecumseh (2016). Technical Data Sheet. <http://www.tecumseh.com/pt/United-States/Products/Reciprocating-Compressors>. Acesso em 04/08/2016.

Thermonamic (2016). Specification of Thermoelectric Module TEC1-12715. <http://www.thermonamic.com/TEC1-12715-English.PDF>. Acesso em 04/08/2016.