

# Desenvolvimento de um Fluxômetro Eletromagnético para Linha de Perfusão

Marcelo Mazzetto<sup>1</sup> ; Milton S. Oshiro<sup>1</sup> ; Adolfo A. Leirner<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Divisão de Bioengenharia do INCOR - HC FMUSP  
Av. Dr. Enéas de Carvalho Aguiar, 44 - CEP 05436-000 - São Paulo (SP)

**Resumo** - Este trabalho apresenta um fluxômetro eletromagnético desenvolvido para medida do fluxo sanguíneo na tubulação da bomba centrífuga utilizada em circulação assistida. O sistema consiste de um circuito condicionador de sinal, geração dos sinais de controle, excitação da bobina e tratamento de sinal e um sensor. O sistema apresentou resposta linear e repetibilidade em testes "in vitro" (solução fisiológica, com variação de fluxo de 0 à 8 L/min).

**Abstract** - This paper presents an electromagnetic flowmeter for blood flow measurements during assisted circulation provided by centrifugal pump. The system consists of a signal conditioner circuit, control signals generator, exciting coil, signal treatment and sensor. The system had a linear response and repeatability during "in vitro" tests using saline solution, with a flow range of 0 to 8 L/min.

## Introdução

A assistência circulatória mecânica temporária é utilizada nos casos de insuficiência cardíaca. Situações que demandam o uso prolongado desse tipo de assistência utilizam rotineiramente a bomba centrífuga, devido à baixa hemólise do sangue. Para medir-se o volume de sangue bombeado faz-se necessário utilizar transdutores de fluxo eletromagnéticos ou ultrasônicos.

O objetivo deste trabalho foi o desenvolvimento de um transdutor eletromagnético para monitoração de fluxo sanguíneo em circulação assistida utilizando-se bomba centrífuga.

## Metodologia

O fluxômetro eletromagnético é constituído de dois módulos. O primeiro módulo, ilustrado na Figura 1, é o condicionador de sinais, que consiste de um, circuito de proteção contra descarga de desfibrilador, amplificador de instrumentação, filtro passa-baixa ( $f_c=3$  KHz), e um amplificador isolador, com

tensão de ruptura em 8 KV, equipado com um conversor DC - DC interno.

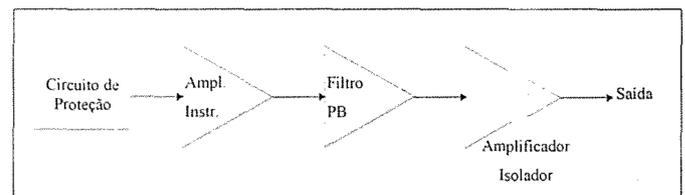


Figura 1 - Condicionador de sinais

O segundo módulo, ilustrado na Figura 2, pode ser dividido em três partes: circuito de potência,  $\mu$ controlador e circuito de tratamento de sinal. O primeiro módulo contém um amplificador de potência para a excitação da bobina e geração do campo magnético. O  $\mu$ controlador gera o sinal de excitação de bobina, um pulso bifásico (400 Hz), que passa por um conversor digital/analógico (D/A) e os sinais de controle de amostragem. No terceiro módulo, o sinal capturado pelo circuito condicionador de sinais é amplificado ( $G=10$ ), amostrado, diferenciado, filtrado (passa-baixa,  $f_c=1$  Hz), após o que faz-se o ajuste da linha de base e nova amplificação (ganho variável).

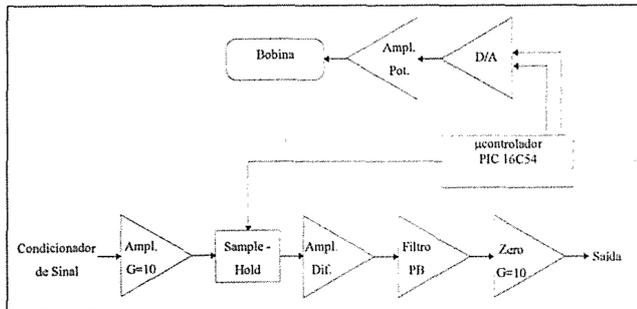


Figura 2 - Circuito de controle

Para realização da medida foi desenvolvido um conector hidráulico (*probe*) com 6 eletrodos confeccionados em aço inox 316L (não-magnético), que captam a variação de potencial causada pelo fluxo de sangue.

## Resultados

A Figura 3 mostra o transdutor de fluxo, constituído de um núcleo de ferrite em "C", no qual é enrolada a bobina e uma placa de conexão entre o *probe* e o cabo de transmissão do sinal.

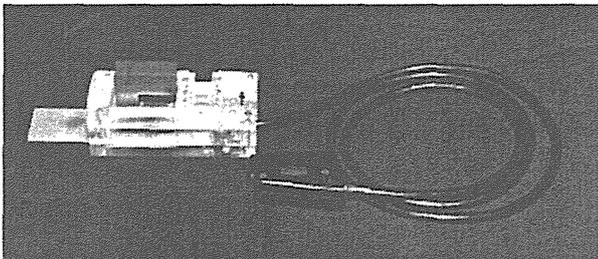


Figura 3 - Transdutor de fluxo

Para realizar os testes de funcionamento e calibração do fluxômetro, foi construído um sistema composto por um reservatório (2L, solução fisiológica), uma bomba centrífuga e um rotâmetro para

líquidos, escala de 0 à 10 L/min. (Fischer & Porter Co.).

Foram realizados ensaios de ruptura no circuito condicionador de sinais e verificou-se não haver alterações nas suas características operacionais. A taxa de rejeição de modo comum (CMRR) do amplificador de instrumentação é maior que 90dB em 60 Hz.

Após alguns testes para a calibração do circuito de controle, foram realizados ensaios simulando-se a operação normal do sistema, apresentando respostas lineares e repetibilidade nos mesmos.

## Discussão e Conclusões

O circuito condicionador de sinais, acoplado ao transdutor adequado, pode ter outras aplicações, tais como a captação de ECG, pressão, temperatura, e outras medidas de biopotenciais.

A avaliação clínica do sistema prevê experimentos "in vivo".

## Referências Bibliográficas

- R. S. COBBOLD - Transducers for Biomedical Measurements: Principles and Applications, pages 245-275, 1974.  
 J. G. WEBSTER, Editor - Medical Instrumentation - Application and Design, 2<sup>nd</sup> Edition, pages 415-422, 1992.

## Agradecimentos

Este projeto recebeu auxílio financeiro do FINEP / PADCT / MCT e Fundação E. J. Zerbin.