

# Desenvolvimento de um sistema instrumentado para correlação de força e eletromiografia da contração voluntária da mão

**Renan dos Santos Fagundes<sup>1</sup>, Alexandre Balbinot<sup>2</sup>**  
**1 – Bolsista IC FAPERGS, 2 – Orientador**

Escola de Engenharia, Departamento de Engenharia Elétrica,  
 Laboratório de Instrumentação Eletro-Eletrônica, UFRGS, 90035-190, Avenida Osvaldo Aranha, 103 – Sala 206 – Porto Alegre – RS.  
 E-mails: renanfagundes@ufrgs.br e alexandre.balbinot@ufrgs.br

## Objetivos

A avaliação da força muscular é um dos métodos que analisa a saúde, a integridade e a capacidade do corpo humano. Testes para mensurá-la são utilizados nas mais diversas áreas do conhecimento, tanto profissionais como científicas.

Este trabalho visa desenvolver um sistema para medir de forma isotônica a força de contração voluntária da mão, e relacionar, com o sinal adquirido do eletromiógrafo, que mede a atividade muscular.

## Sistema mecânico

Para medir a contração voluntária da mão de forma isotônica, foi construído um dispositivo mecânico de aço composto de hastes e molas. (ver fig. 1). A contração muscular isotônica deforma o músculo, mantendo a força constante no movimento. Seguindo o modelo de deformação elástica da mola de Hooke onde a força aplicada é igual ao produto do deslocamento pela constante elástica da mola ( $F=X.Km$ ).

Desta forma, é possível medir a força aplicada pelo indivíduo, medindo o deslocamento X, e multiplicando pela constante Km levantada experimentalmente.

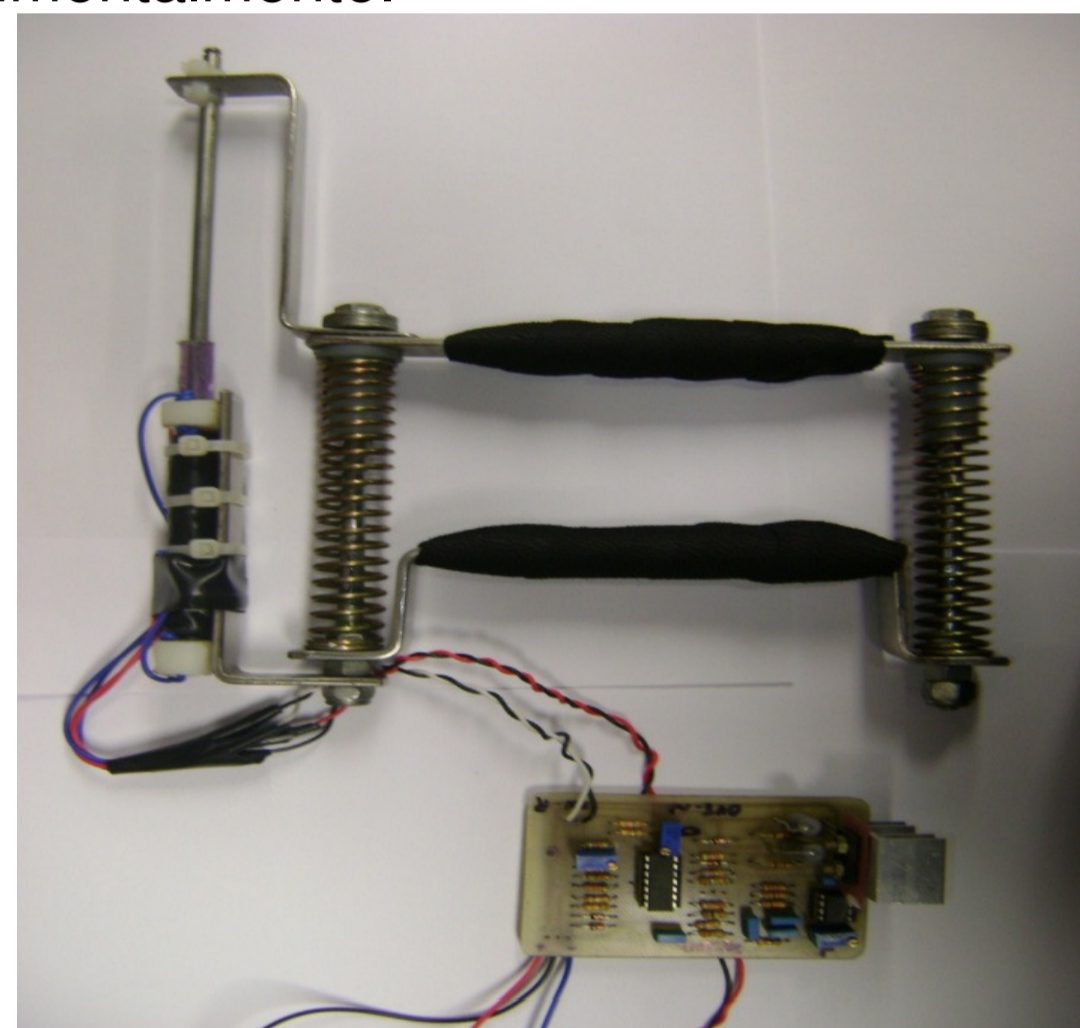


Figura 1 – Estrutura completa do sistema mecânico para medição da força de contração voluntária da mão.

## Ensaio da estrutura

Para relacionar a força imposta pelo indivíduo na estrutura, com a deformação das molas, foi realizado um ensaio com pesos padrões, para o levantamento das constantes elásticas de cada mola, e da resultante da estrutura, o resultado deste ensaio pode ser visto na fig. 2(a).

Foi realizado também o ensaio dos modos de ressonância da estrutura, através do teste de impacto, utilizando o acelerômetro ADXL330. O sinal foi adquirido, e processado para obter a correspondente FFT - para determinar as frequências de ressonância da estrutura. O resultado deste teste pode ser visto na fig. 2(b).

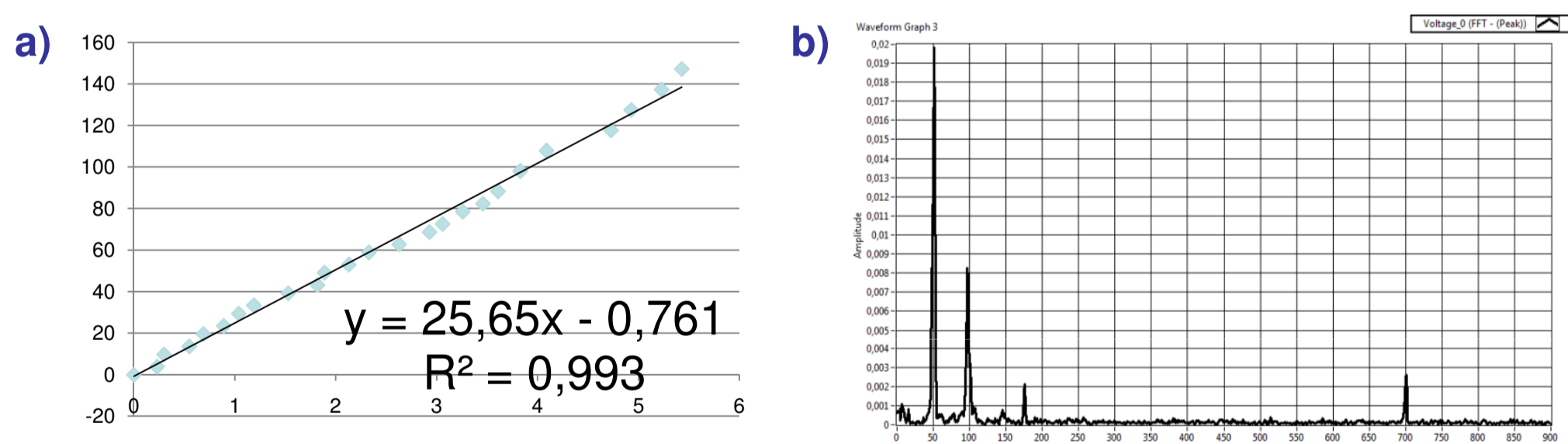


Figura 2 – (a) Ensaio da estrutura - constante elástica resultante e (b) modos de vibração da estrutura.

## Sensor indutivo

Para medir a compressão elástica do mecanismo foi desenvolvido um sensor indutivo, a base de duas bobinas sobrepostas, uma de excitação e outra com o sinal de saída, e um embolo metálico. O sinal na bobina secundária deve ser proporcional á porção metálica no interior das bobinas.

A partir do ensaio de curva de resposta relacionando amplitude do sinal no secundário, com deslocamento do embolo metálico, conforme figura abaixo. A Figura 3(a) apresenta uma foto do ensaio e a Figura 3(b) a correspondente curva de calibração.

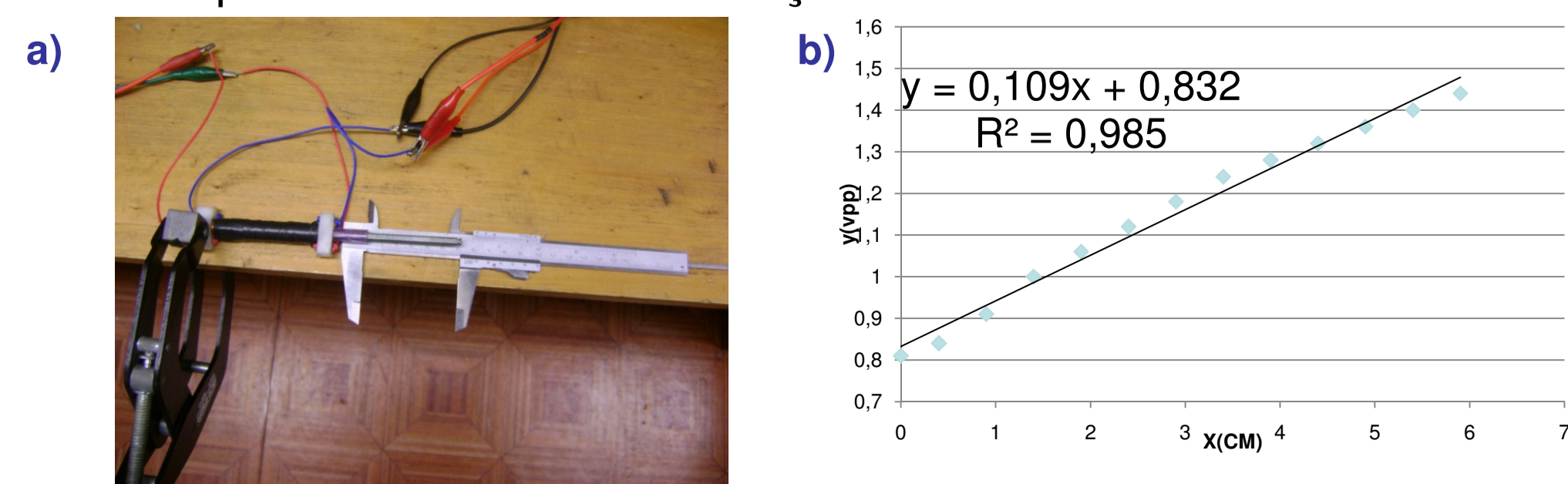


Figura 3 – a) Foto do ensaio do sensor, b) curva característica do sensor.

## Eletromiografia

O sinal mioelétrico (SME) é proveniente da circulação de correntes eletroquímicas gerando o potencial de ação na fibra muscular, levando-a a contração, como pode ser visto no diagrama de atividade muscular apresentado simplificada na fig. 4.

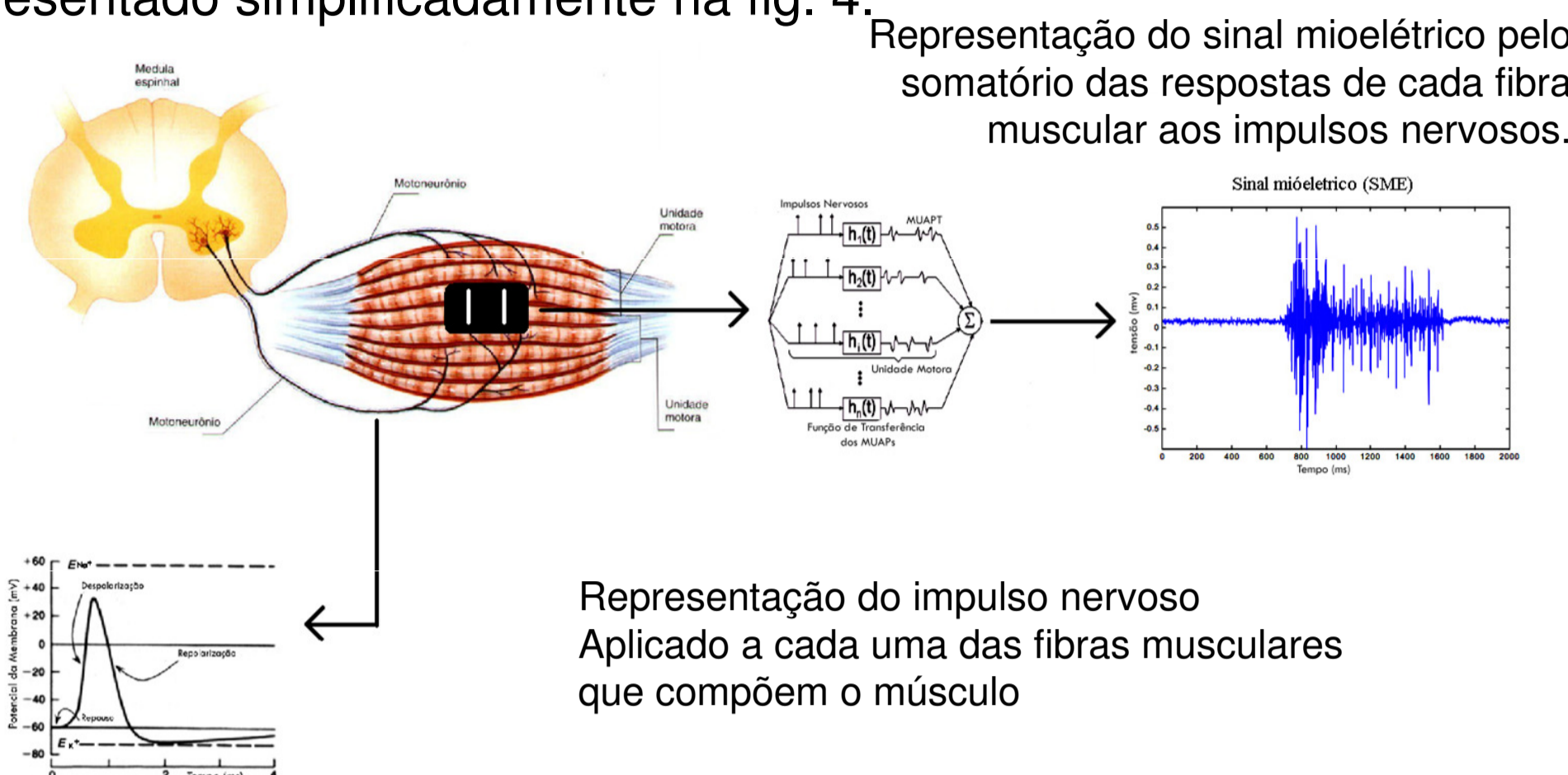


Figura 4 – Diagrama demonstrativo da atividade muscular.

## Condicionamento e Aquisição dos Sinais

Os sinais mioelétrico foram adquiridos com a utilização de eletrodos e condicionados por um equipamento denominado eletromiógrafo (EMG), o qual é composto por amplificadores de instrumentação, posicionados nos cabos afim de diminuir ruídos conforme figura 5(a), um filtro Butherworth passa faixa de 4ª ordem e um ajuste de ganho e de offset conforme figura 5. Para os ensaios foi usado um eletromiógrafo de oito canais visto nas figuras 5(a) e 5(b). Na figura 6 é mostrado o circuito de um canal do eletromiógrafo.

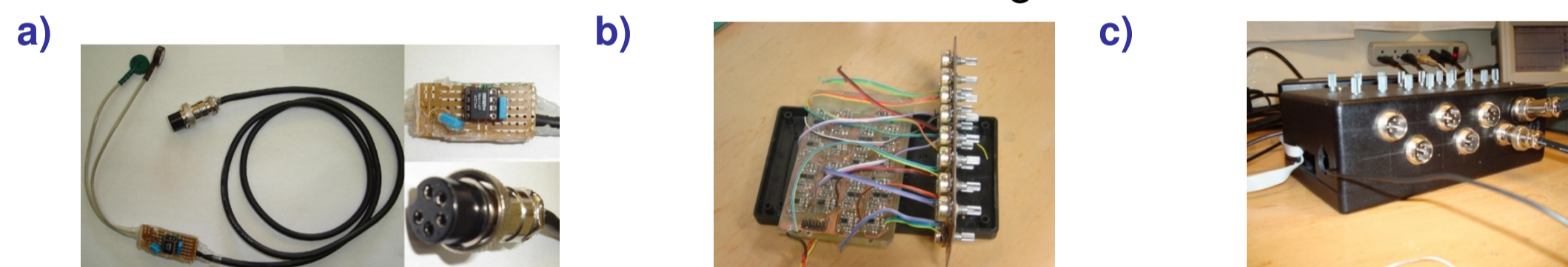


Figura 5: (a) cabos do eletromiógrafo, (b) detalhe placa SMT do eletromiógrafo e (c) eletromiógrafo SMT.

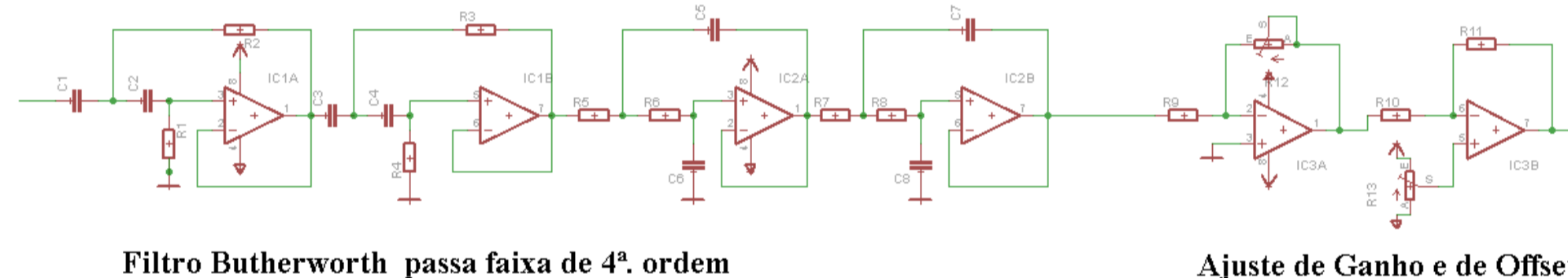


Figura 6: Detalhe do circuito: filtro e ajuste de ganho e de offset.

O sinal do sensor indutivo foi adquirido usando um circuito condicionador de sensor indutivo, o circuito pode ser resumido como um gerador de onda senoidal com um buffer de potencia para alimentação do sensor, seguido de um tratamento do sinal de saída do sensor para conversão ao nível DC. A figura 7(a) mostra este circuito montado.

Na aquisição dos dados dos dois sinais, foi usado um sistema de aquisição de dados analógicos baseado no microcontrolador 18F4550, mostrado na figura 7(b), com conversor analógico/digital interno de 10 bits, taxa de amostragem de 2ksps e conexão USB com o computador, onde foi criada uma plataforma de processamento de dados no LABView.

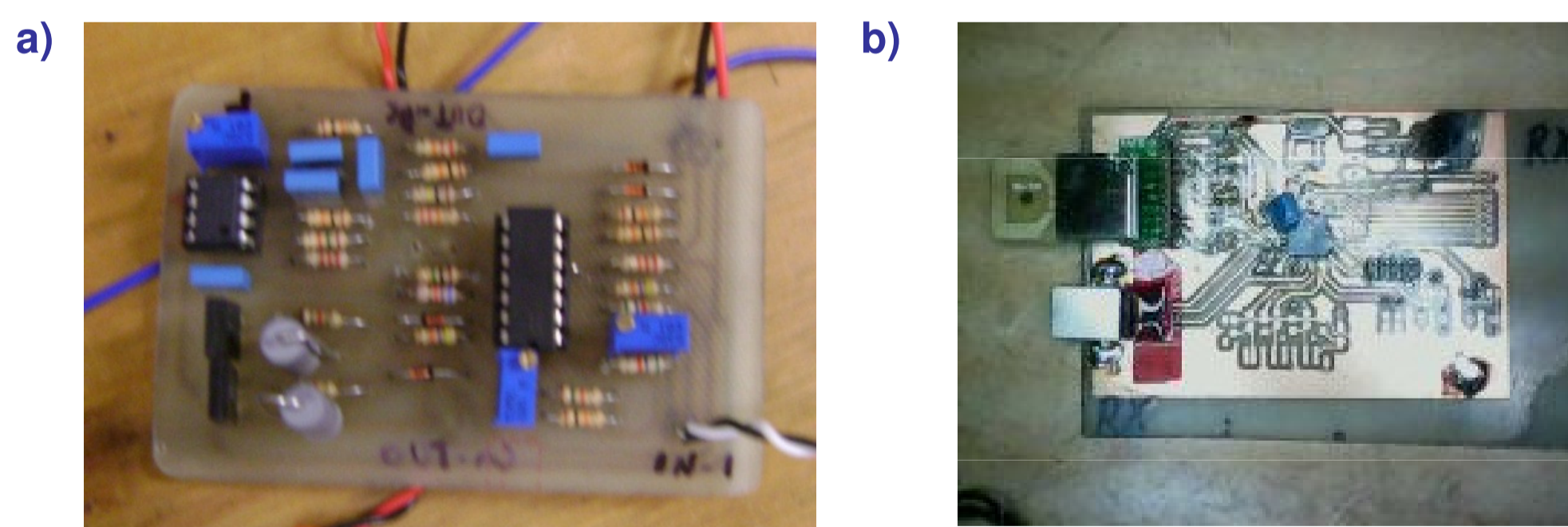


Figura 7 – (a) circuito condicionador do sensor indutivo e (b) sistema de aquisição de dados USB.

## Considerações finais

Este trabalho encontra-se em fase de final de desenvolvimento. O próximo passo será realizar ensaios com pessoas com diferentes níveis de atividade muscular para avaliar a correlação dos sinais determinados pelos sistemas desenvolvidos (transdutor de força e EMG).

## Referencia:

C. K. Fernandes, C. Lorenzini, R. S. Fagundes “Medição de Força da Contração Voluntária da Mão” Projeto de Instrumentação A 2011/2.

