

# **IMPLEMENTAÇÃO DE UM ELETROGONIÔMETRO UTILIZANDO ACELERÔMETROS PARA APLICAÇÃO NA MONITORAÇÃO DE MOVIMENTOS EM PACIENTES HEMIPLÉGICOS.**

Leonardo Bruno Santos Mangiapelo, Aparecido Augusto de Carvalho. – Engenharia Biomédica – Engenharia Elétrica – Departamento de Engenharia Elétrica – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – Campus de Ilha Solteira.

A Engenharia de Reabilitação visa utilizar técnicas, métodos e processos da Engenharia no auxílio aos deficientes físicos objetivando a melhoria de sua qualidade de vida.

A determinação precisa de ângulos formados por segmentos corporais (como o do braço, quadril e etc.) é de grande importância em estudos de Engenharia de Reabilitação, Biomecânica, Fisioterapia e Ergonomia. Pode ser muito útil no monitoramento de pessoas que perderam a mobilidade de alguma parte do corpo devido a doenças ou acidentes, como no caso da hemiplegia. O acompanhamento do processo de recuperação destas pessoas tem sido realizado de forma apenas qualitativa por médicos e fisioterapeutas.<sup>[1]</sup>

O eletrogoniômetro é um dispositivo eletromecânico utilizado para medir ângulos entre segmentos, no plano ou no espaço, dependendo do tipo utilizado. São comumente utilizados em tratamentos clínicos, treinamentos esportivos, em aplicações nas quais é necessária a monitoração de movimentos angulares (como o dos braços, das pernas, do quadril, etc).

Os três principais tipos de sensores utilizados nos eletrogoniômetros são:

- Potenciômetros: Fazem parte dos mais simples, que apresentam boa precisão. Esta, porém, decai ao longo do tempo com certa rapidez, dependendo do potenciômetro utilizado.

- Extensômetros. Fazem parte dos mais precisos, caros e complexos. São os sensores mais empregados na prática profissional.

- Acelerômetros: São os componentes utilizados com frequência praticamente nula. Apresentam boa precisão, dependente do acelerômetro utilizado. São limitados a medições angulares estáticas que se encaixam nas medições de ângulos entre segmentos corporais de pacientes hemiplégicos.

Neste projeto, implementou-se um eletrogoniômetro utilizando-se acelerômetros como sensores; um microcontrolador da família PIC18 (PIC18F4550) e circuitos de condicionamento como central de processamento, controle e comunicação ; um display de cristal líquido como interface de comunicação instantânea e comunicação USB para transferência de informações para um PC, caso necessário.

Na primeira parte do projeto, durante o período de agosto de 2005 a janeiro de 2006 foram realizadas as seguintes etapas:

1. Estudo do comportamento de um acelerômetro, utilizando um motor de passo.<sup>[2]</sup>
2. Implementação de um circuito microcontrolado capaz de controlar um *display* de cristal líquido.
3. Implementação de um circuito microcontrolado capaz de realizar aquisições A/D e mostra o resultado em um *display* de cristal líquido.
4. Implementação de um amplificador diferença para o ajuste da faixa da tensão da saída do acelerômetro para uma faixa compatível com a do conversor A/D utilizado.
5. Implementação de um circuito microcontrolado para controlar um motor de passo e mostrar a tensão de saída do acelerômetro, devidamente ajustada, em um *display* de cristal líquido.
6. Desenvolvimento de um programa que associasse o valor de tensão obtido pelo medidor com o ângulo formado entre o plano do acelerômetro e o horizontal.

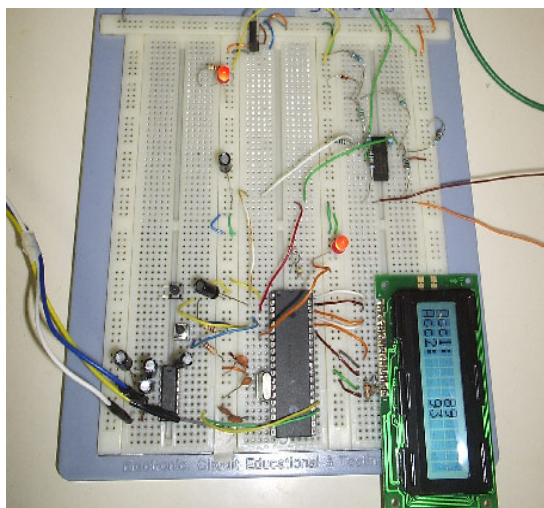
Na segunda parte do projeto, durante o período de janeiro a julho de 2006 foram realizadas as seguintes etapas:

7. Implementação de um circuito de aquisição de dados microcontrolado capaz de realizar aquisições A/D e envio destas para um PC utilizando comunicação serial.
8. Implementação de um dispositivo de controle angular microcontrolado composto de dois motores de passos para a simulação controlada de ângulos formados por dois segmentos.
9. Estudo do comportamento de dois acelerômetros com o uso do dispositivo de controle angular e do circuito de aquisição implementados.

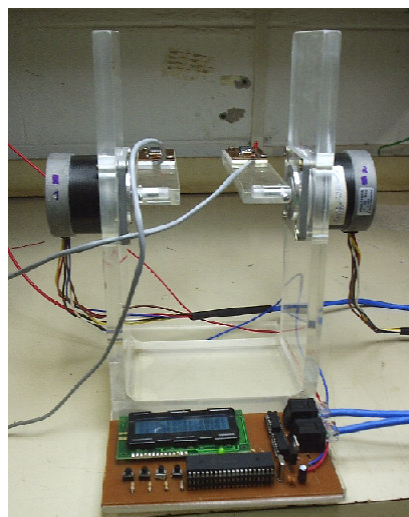
10. Manipulação dos dados obtidos com o circuito de aquisição, no MATLAB, para obtenção das curvas que o microcontrolador utiliza para calcular os ângulos.
11. Estudo detalhado da comunicação USB e do microcontrolador PIC18F4550 da Microchip e como utilizá-lo para realizar esta comunicação.<sup>[3]</sup>
12. Implementação de um circuito microcontrolado capaz de enviar e receber informações para um PC utilizando a comunicação USB.
13. Desenvolvimento de um programa para o PIC18F4550 para o eletrogoniômetro final e sua implementação.
14. Avaliação do eletrogoniômetro utilizado com o dispositivo de controle angular microcontrolado e elaboração do relatório final.

Para uma avaliação mais criteriosa do comportamento dos acelerômetros, foi implementado um circuito de aquisição de dados microcontrolado (utilizando o PIC16F877A) para realizar conversões A/D dos acelerômetros e enviar estes dados serialmente para serem analisados no MATLAB em um PC conforme ilustra a figura 1 (a).

Também, para se obter um controle mais preciso de movimentos angulares, foi implementado um dispositivo de controle angular microcontrolado (também utilizando o PIC16F877A) consistindo de dois motores de passos com hastes de acrílico fixadas em seu eixo aonde foram posicionados os acelerômetros, conforme ilustrado na figura 1 (b).



(a)



(b)

Figura 1 – (a) Circuito de aquisição de dados implementado; (b) Dispositivo de controle angular implementado

Com o circuito de aquisição e o dispositivo de controle angular concluídos, pode-se estudar o comportamento dos acelerômetros utilizados. Isto foi feito com a conexão dos acelerômetros nas hastes dos motores de passo, e a conexão dos sinais de saída dos acelerômetros às entradas do circuito de aquisição. Em seguida, variou-se o ângulo formado por cada acelerômetro de 0 a 180 graus (com resolução de 0,9 graus) e observou-se o sinal de saída do acelerômetro, enviado pelo circuito de aquisição para um PC e avaliados no MATLAB. Os comportamentos individuais podem ser vistos na figura 2, onde a abscissa representa o valor da conversão digital de 8 bits (0 a 255) realizada pelo circuito de aquisição.

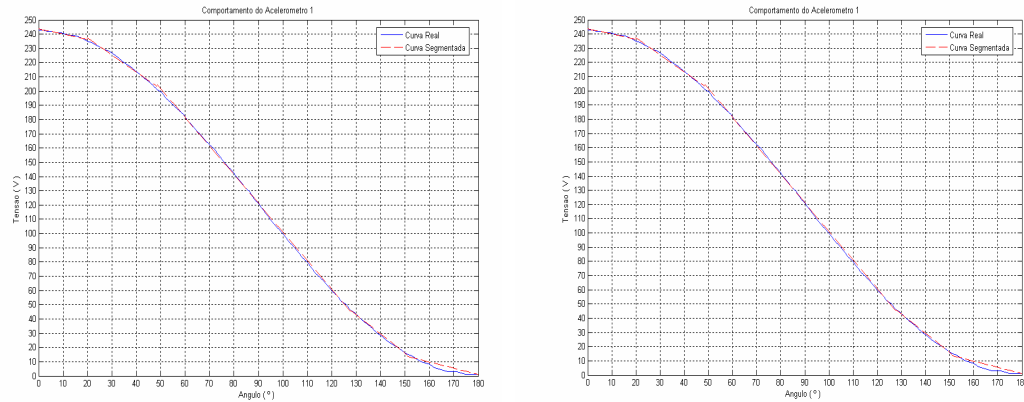


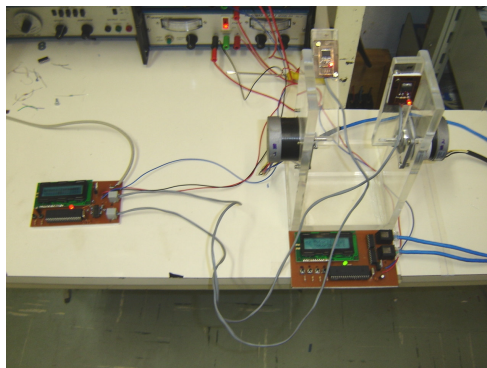
Figura 2 – Comportamento dos acelerômetros em função do ângulo horizontal formado, obtido com o circuito de condicionamento implementado.

Foi observado que os sinais de saída de cada acelerômetro apresentaram uma pequena diferença de tensão, como se houvesse um pequeno offset. Devido a este comportamento um pouco diferenciado, cada acelerômetro foi tratado individualmente pelo microcontrolador na hora de converter o sinal de tensão de saída em ângulo.

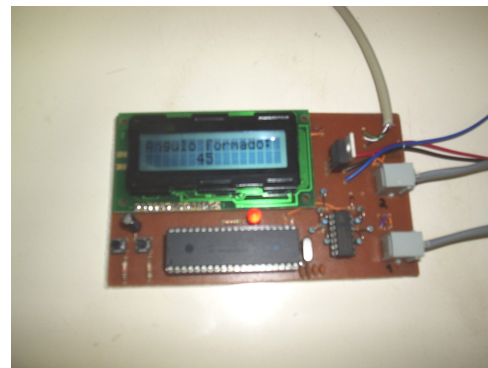
Outro fator importante em seu comportamento é a presença de não linearidade. Note que para ângulos menores que 30 graus e maiores que 150, o sinal de saída do acelerômetro apresenta uma variação muito pequena, induzindo em erros elevados de medida. Com isto, nestas regiões, o eletrogoniômetro não terá medidas precisas, apresentando erros consideráveis.

Para a avaliação do funcionamento do eletrogoniômetro implementado, utilizou-se o dispositivo de controle angular microcontrolado e um computador rodando o terminal de comunicação USB (HID) do compilador MikroC.

Na figura 3 (a) pode-se visualizar a conexão do eletrogoniômetro com o dispositivo de controle angular. Na figura 3 (b), percebe-se que o eletrogoniômetro indica um ângulo formado de 45 graus entre os acelerômetros. Na figura 4 (a), pode-se confirmar este ângulo que foi controladamente estabelecido com o uso do dispositivo de controle angular para comparar com a resposta do eletrogoniômetro. Na figura 4 (b), pode-se ver o terminal de conexão USB (HID) do compilador MikroC recebendo as informações do eletrogoniômetro, sendo que o último ângulo enviado foi de 45 graus. Desta forma pode-se visualizar, através destas figuras, o funcionamento do eletrogoniômetro implementado.



(a)



(b)

Figura 3 – (a) Avaliação do eletrogoniômetro final; (b) Eletrogoniômetro indicando um ângulo de 45° formados entre os segmentos.

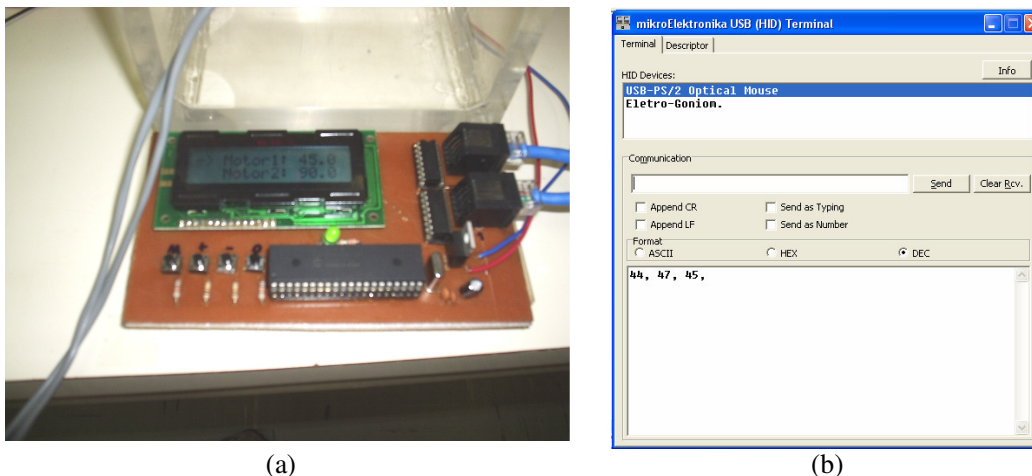


Figura 4 – (a) Interface do dispositivo de controle angular indicando um ângulo de 45° formado entre os segmentos de controle; (b) Tela do computador indicando os ângulos recebidos através da USB.

Através da conclusão deste trabalho, comprova-se que é possível a utilização de acelerômetros para realizar medidas estáticas de ângulos formados entre segmentos.

O dispositivo de controle angular implementado demonstrou ser uma ferramenta muito útil tanto para estudar o comportamento do acelerômetro quando para testar a performance do eletrogoniômetro.

O circuito de aquisição de dados implementado foi de vital importância para que as curvas da figura 2 fosse levantada. Com base nestas curvas não lineares, realizou-se a linearização por partes para que o microcontrolador pudesse calcular os ângulos formados pelos acelerômetros. Este método apresentou bons resultados.

O eletrogoniômetro implementado funcionou conforme previsto, sendo que se recomenda que ambos os acelerômetros operem entre 30 e 150 graus formados com o plano horizontal, pois nesta região, constatou-se uma boa precisão na faixa de 1 grau de exatidão nas medidas de ângulos. Fora dessa faixa de operação, constataram-se imprecisões variando em até 10 graus de diferença do ângulo real formado. Este comportamento pode ser bem visualizado e justificado com base na figura 2, onde pode-se verificar o comportamento não linear dos acelerômetros nestas regiões.

O uso da comunicação USB demonstrou ser de muito interesse nesse tipo de projeto devido a sua fácil conectividade e fácil configuração no sistema operacional. Foi utilizada a classe de Human Interface Device (HID) com baixa velocidade de transferência de dados porém satisfatória para a operação do eletrogoniômetro.<sup>[4]</sup>

## Referências Bibliográficas

- [1] TODD, I.M.; DAVIES, P.M. “Hemiplegia: avaliação e abordagem”. In:DOWNIE, P. “Neurologia para fisioterapeutas”. 4. Ed. São Paulo: Panamericana, 1998. pg.171-204
- [2] DATASHEET DO ACELEROMETRO MMA 1260D , da Motorola, obtido no site: [www.freescale.com](http://www.freescale.com) , acessado em: 10/12/2004.
- [3] DATASHEET DO PIC18F4550, da Microchip, obtido no site: <http://www.microchip.com> , acessado em: 01/12/2005.
- [4] ENCICLOPEDIA DIGITAL WIKIPEDIA, obtido no site: [http://en.wikipedia.org/wiki/Universal\\_Serial\\_Bus](http://en.wikipedia.org/wiki/Universal_Serial_Bus) , acessado em 28/07/2006.

**Bolsa:** FAPESP