

SISTEMA COMPUTADORIZADO PARA APRESENTAR AS VARIAÇÕES NO CENTRO DE MASSA NO DISCO PROPRIOCEPTIVO DE FREEMAN

André Roberto Fernandes da Silva¹, Antonio Vinícius de Moraes², Leandro Lazzareschi³,
Alessandro Pereira da Silva⁴

Estudante do curso de Engenharia Elétrica: email: AndreRobertoFernandes@gmail.com¹
Estudante do curso de Engenharia Mecânica: email: antonioviniciusm@yahoo.com.br²
Professor da Universidade de Mogi das Cruzes: email: leandrolazzareschi@umc.br³
Professor da Universidade de Mogi das Cruzes: email:alessandrops@umc.br⁴

Área do conhecimento: Engenharia Biomédica

Palavras-chave: Propriocepção, Instrumentação, Centro de Massa.

INTRODUÇÃO

A conservação do equilíbrio corporal durante a postura ereta é uma condição inevitável para o desenvolvimento das atividades de vida diária (ANDRADE et al, 2011). Para se ter o equilíbrio corporal é necessárias respostas neuromusculares. O treinamento funcional em plataformas instáveis é um importante parâmetro para a reabilitação e condicionamento neuromuscular, proporcionando a melhora da coordenação e do padrão de recrutamento neuromuscular. (OLIVEIRA et al, 2012; MAIOR et al, 2009). Dentre as plataformas instáveis o disco Freeman (FREEMAN, 1965) é o mais utilizado proporcionando um grande treinamento proprioceptivo. Entretanto, a maioria das plataformas instáveis comerciais apenas gera instabilidade, não informando as oscilações do deslocamento do centro de pressão corporal.

OBJETIVO

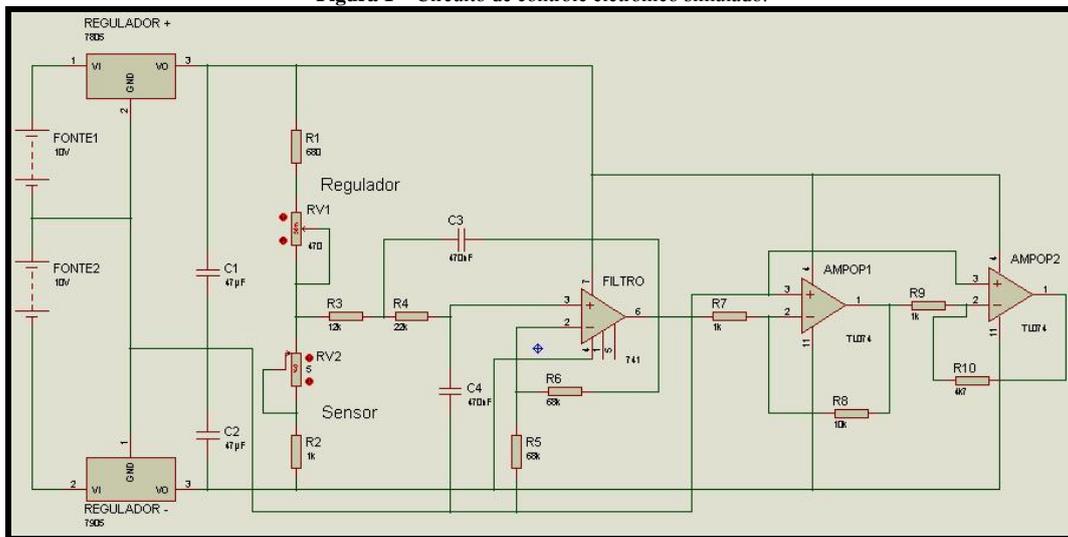
Desenvolver um sistema computadorizado para apresentar as variações da distribuição de massa no disco de Freeman.

METODOLOGIA

Foi utilizado como a plataforma instável um disco proprioceptivo de Freeman, com dimensões: 40.0 cm x 40.0 cm x 7.5 cm (C x L x A), tendo um peso de suporte máximo de 135kg. A montagem mecânica para instrumentação do disco de Freeman consiste basicamente em células de carga, que são montadas por bases acionadoras e por suportes soldados a um disco metálico de mesmo diâmetro do disco de Freeman no qual o indivíduo sobe para o ensaio. Esse disco é construído em Aço Carbono SAE 1020 com 2,5mm de espessura e diâmetro Ø395mm. O disco metálico possui furos de acesso para o aperto dos parafusos que fixam os sensores nas bases acionadoras. Os suportes foram concebidos no intuito de proporcionar fixação para os sensores e mantê-los distantes do disco de Freeman possibilitando o acionamento das células de carga. Assim eles tem o formato "U", no qual três das quatro arestas da célula de carga estão suportadas e, além disso, a base contempla dois furos com rosca M4 para a fixação do sensor ao disco. Esses suportes são construídos em chapa de Aço SAE 1020 com 4mm de espessura para que o sensor tenha curso suficiente para que sua flexão não seja restringida. A base de apoio, onde o voluntário irá pisar, foi instrumentada por um sistema de sensoriamento com 8 extensômetros de resistência elétrica (*Straingages* de 1KΩ). Os sensores serão dispostos em dois conjuntos de quatro sensores, com 3,0 mm de comprimento e 4,5 mm de largura. A montagem mecânica para instrumentação do

disco de Freeman consiste basicamente em células de carga, que são montadas por bases acionadoras e por suportes soldados a um disco metálico de mesmo diâmetro do disco de Freeman no qual o indivíduo sobe para o ensaio. Após a montagem dos sensores, foram realizados testes para definir a resistência de cada sensor no seu estado de repouso e quando aplicada uma força. Foi definido que no estado de repouso o sensor possui $1k\Omega$ e quando é aplicada força, o componente apresenta uma variação de até 5Ω . Para gerar uma variação de tensão que pode ser lida pelo controlador foi necessário montar um divisor de tensão com tensões positiva e negativa seguida por uma resistência variável e o sensor (Figura 1). A tensão negativa passa pelo sensor e varia de acordo com a variação da resistência, a tensão positiva por sua vez passa pela resistência variável que se altera de acordo com o valor da resistência. As duas tensões se somam e, se o divisor estiver balanceado, se anulam.

Figura 1 – Circuito de controle eletrônico simulado.



A tensão resultante é muito pequena, logo é necessário amplificá-la. Porém nesse sinal existe um ruído que, quando amplificado, gera uma grande imprecisão na leitura. Então é necessário implementar um filtro ativo passa-baixa de segunda ordem de 50 Hz para filtrar esse sinal, dessa forma qualquer variação de mais de 50 Hz não vai interferir na leitura do sinal. Para montar esse filtro foi escolhido o amplificador operacional LM741. O sinal foi amplificado utilizando dois amplificadores inversores, um de ganho 10 e outro de ganho 4,7, logo a tensão resultante será amplificada 47 vezes, tornando assim as alterações no sensor mais aparentes e fáceis de serem lidas e trabalhadas. Após a amplificação, a variação de tensão fica entre 0 V a + 1.5 V sendo necessário converter o sinal analógico em sinal digital e vincular com o LabView[®]. Essa função é cumprida pela placa de aquisição de dados (DAQ) NI USB-6212 conectado no computador por cabo USB. O sistema supervisorio gerado no LabView[®] envolve a criação de uma área dividida em diversos setores, cada setor possui um valor numérico determinado por uma matriz resultante da multiplicação de duas matrizes, onde uma matriz determina o numero de setores verticais e as influencias dos sensores 1 e 3, enquanto que a outra matriz determina o numero de setores horizontais e as influências dos sensores 2 e 4. As influências de cada sensor são determinadas pela distância entre o setor e os sensores, quanto mais distante for o sensor do setor, menor é a sua influencia, e quanto mais perto, maior a sua influencia.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

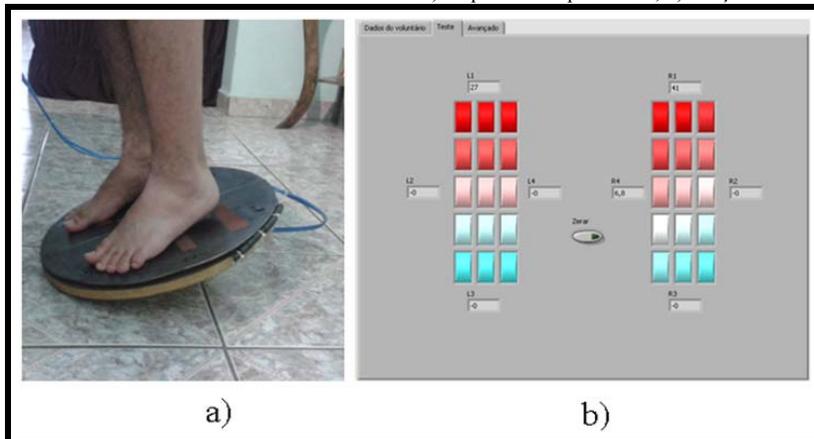
Após todo o processo de simulação e de construção do sistema supervisorio, foi montado o circuito de forma real em uma placa padronizada utilizando as mesmas condições da simulação. Após os primeiros testes, o dispositivo de sensoriamento permitiu registros idênticos aos realizados na simulação, para tal a comunicação do sistema supervisorio foi feita através de uma placa de aquisição de dados (DAQ), como cada circuito trata do sinal de um sensor apenas, é necessário produzir um circuito para cada sensor, totalizando oito circuitos no total, porém, devido ao tamanho da placa padronizada, só era possível fazer quatro circuitos por placa, logo para tornar o circuito eletrônico mais organizado, a parte eletrônica foi dividida em duas partes, uma para cada pé. O primeiro teste foi verificar se a distribuição de massa está correta, para tanto foi colocado corpos de prova de massa conhecida (5kg) em diversas posições no disco e verificar se o sistema supervisorio responde adequadamente (Figura 2).

FIGURA 2 – Teste utilizando corpos de prova.



Após, foi realizado um teste com o autor da pesquisa, visando constatar se o sistema apresentava o mesmo comportamento com valores de massa de uma pessoa (aproximadamente 70 kg). A Figura 3a apresenta a utilização do disco na posição flexão plantar. A Figura 3b mostra a resposta do sistema supervisorio oriunda da posição flexão plantar evidenciando que a área onde há maior concentração de carga esta no quadrante superior. Os testes com os corpos de prova de massa conhecida, bem como o teste utilizando a massa do autor demonstraram de maneira adequada o posicionamento em que a força é aplicada, independentemente de sua posição, forma e intensidade. Não houve alteração no formato do disco de FREEMAN com isso, não houve comprometimento em relação ao seu uso normal.

FIGURA 3 – Teste utilizando a massa do autor: a) Resposta do supervisorio; b) Posição do disco



CONCLUSÃO

O objetivo desta pesquisa era criar um sistema eletrônico, que agindo em conjunto com um supervisor produzido no LabView® pudesse demonstrar a distribuição de massa no disco proprioceptivo de Freeman. Os diversos testes realizados em laboratório demonstram que o protótipo feito cumpre os objetivos da pesquisa, demonstrando de forma fiel a posição em que está a maior concentração de massa. O aprendizado desenvolvido nesse projeto foi possível colocar em prática muitos conhecimentos teóricos da engenharia elétrica, tais como: desenvolvimento e simulação do sensoramento eletrônico, desenvolvimento do sistema supervisor. E com isso poder contribuir com o aprimoramento de um dispositivo que será utilizado no processo de treinamento e reabilitação. Uma próxima etapa do estudo poderia ser o aperfeiçoamento do protótipo de forma que o examinador tenha controle sobre a plataforma, visando obter diversas inclinações controladas e analisar a reação do paciente a essas variações por meio do sistema supervisor.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, L.P.; STELLA F.; BARBIERI, F. A.; RINALDI, N.M. ; HAMANAKA, A.Y.Y. ; GOBBI, L.T.B. Efeitos de tarefas cognitivas no controle postural de idosos: Uma revisão sistemática. **Motricidade**. Portugal, v.7, n.3, p. 19-28, 2011.

FREEMAN, M.A. Instability of the foot after injuries to the lateral ligaments of the ankle. **The Journal of Bone & Joint Surgery**, Londres, v.47B, n.4, p.669-677, 1965.

MAIOR, A.S.; SIMÃO, R.; SALLES, B.F.; MIRANDA, H.; COSTA, P.B. Neuromuscular activity during the squat exercise on an unstable platform. **Brazilian Journal of Biomotricity**. Rio de Janeiro, v.3, n.2, p. 121-129, 2009.

OLIVEIRA, D.C.S.; REZENDE, P.A.M.S.L.; SILVA, M.R.; LIZARDO, F.B.; SOUSA, G.C.; SANTOS, L.A.; GUIMARÃES, E.A.; CHACUR, E.P. Análise eletromiográfica de músculos do membro inferior em exercícios proprioceptivos realizados com olhos abertos e fechados. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, São Paulo, v. 4, n. 18, p.261-266, 2012.