

DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPO PARA AFERIR FORÇA ISOMÉTRICA DO GRUPO MUSCULAR DE MEMBROS INFERIORES

Joelma Rezende Durão Pereira¹

Sandro Pereira da Silva¹

Antônio Carlos Neri¹

Antônio Carlos Lima Neto²

Taine Nazaré Esteves²

Mouhamed Zorko²

¹ Universidade Federal de Lavras, UFLA, MG, Brasil, joelma.durao@deg.ufla.br; sandro.silva@deg.ufla.br; acneri@deg.ufla.br

² Graduandos Universidade Federal de Lavras, UFLA, MG, Brasil, mzorkot@engenharia.ufla.br

Resumo: A realização de atividades físicas de alta performance, requer condicionamento corporal compatível com a exigência muscular requerida. A busca pelo melhor desempenho em atividades físicas tem sido objeto de muitas pesquisas nos centros de excelências por diversos pesquisadores, tanto para o treino pessoal em academias, como para os esportes. Para os atletas, tal condicionamento se torna ainda mais necessário, visto que surge uma característica competitiva em obter o melhor desempenho, sem causar lesões decorrentes do próprio processo de treinamento desenvolvido. Há também o propósito de auxiliar na reabilitação de indivíduos que apresentam comprometimento motor. Desta forma, a proposta deste trabalho consistiu no projeto e construção de um modelo capaz de medir a força isométrica do grupo muscular de membros inferiores, determinando os esforços resistivos do grupo muscular posterior e inferior da coxa em indivíduos, com alta precisão e confiabilidade. O modelo paramétrico foi desenvolvido utilizando um poderoso software de desenho paramétrico e análise estrutural TopSolid®. Após o protótipo foi construído com hardware embarcado para o perfeito funcionamento do modelo.

Palavras Chave: Força Isométrica; hardware; software; Modelo Virtual; Protótipo

1. INTRODUÇÃO

A prática de esportes se tornou algo comum para toda população e esta pratica sem um acompanhamento ou sem as devidas precauções pode ocasionar lesões que para pessoas normais geram a pausa nas atividades físicas já para profissionais do esporte essas lesões tem consequências significativas que levam a prejuízo financeiro como compromissos com patrocinadores, e também o tempo e os custos envolvidos na reabilitação (AMADIO, 2016).

Estas lesões geralmente estão ligadas ao desequilíbrio da força muscular entre a musculatura do lado direito e esquerdo do corpo e para verificar esse desequilíbrio necessita de um equipamento que seja capaz de aferir com precisão estas diferenças. Esses equipamentos são escassos devido seu alto valor, tornando-se inacessível para a maioria dos praticantes de esportes sem patrocínios ou clubes (NOVO JÚNIOR, 1998).

De acordo com Weinstein e Buckwalter (2000) os aparelhos de medição ampliam as possibilidades do exame físico, utilizar destes métodos pode oferecer dados importantes que permitem ao praticante de esportes programar um treinamento específico de acordo com suas necessidades de equilíbrio muscular, e auxilia profissionais da saúde e fisioterapeutas no caso de problemas musculoesqueléticos complexos e durante a reabilitação de pacientes com fraqueza muscular ou restrição da amplitude de movimentos.

A força muscular, entendida como a capacidade do músculo em gerar tensão de forma ativa, é um dos componentes básicos para a realização de qualquer movimento (Sandoval, 2004). Tal força pode ser perdida ao longo da vida, seja por doenças ou pela idade avançada do indivíduo.

A avaliação dessa força sofreu mudanças e avanços de métodos e aparelhos através do tempo. No século XIX, as avaliações eram realizadas manualmente e acompanhadas de observações da marcha e postura, no século XX ocorreram padronizações desses métodos sendo Martin em 1928 e Newman na década de 1940 pioneiros na sua utilização (ESCOBAR, et al, 1990).

O aprimoramento das técnicas desenvolveram métodos como o de Dotte, Zinovief, McGovern-Luscombe, Troisier, Rocher entre outros (MEDINA, 2000).

Neste contexto, percebe-se a necessidade de um sistema de medição, em prol da reabilitação humana e redução de lesões, que tem por característica a avaliação e medição muscular, aplicando vários hardwares e manipulações através de um software para o desenvolvimento de um equipamento confiável e preciso.

2. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

O modelo foi projetado e apoiado com o uso uma ferramenta conhecida como método do “*Quality Function Deployment*” (QFD) ou Desdobramento da Função Qualidade – Matriz QFD, (AKAO e MAZUR ^[1]), que possui a função de definir os pontos críticos do projeto visando à qualidade total e satisfação do cliente, por um modelo que associa as necessidades do mesmo e as potencialidades técnicas, conforme Figura 1.

<table><tr><td>Tamanho</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>Peso</td><td>+</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>Conforto</td><td>+</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>Carga Suportada</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>Vida Útil</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>Precisão nas medições</td><td></td><td></td><td></td><td>++</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>Manuseio</td><td></td><td></td><td>-</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>Custo</td><td></td><td>++</td><td>++</td><td>+</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>Design</td><td>+</td><td>++</td><td>-</td><td>-</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>			Tamanho										Peso	+								Conforto	+								Carga Suportada									Vida Útil									Precisão nas medições				++					Manuseio			-						Custo		++	++	+					Design	+	++	-	-					<table><tr><td>Tamanho</td><td>Peso</td><td>Conforto</td><td>Carga Suportada</td><td>Vida Útil</td><td>Precisão nas medições</td><td>Manuseio</td><td>Custo</td><td>Design</td></tr></table>									Tamanho	Peso	Conforto	Carga Suportada	Vida Útil	Precisão nas medições	Manuseio	Custo	Design								
			Tamanho																																																																																																											
			Peso	+																																																																																																										
			Conforto	+																																																																																																										
			Carga Suportada																																																																																																											
			Vida Útil																																																																																																											
			Precisão nas medições				++																																																																																																							
			Manuseio			-																																																																																																								
			Custo		++	++	+																																																																																																							
			Design	+	++	-	-																																																																																																							
Tamanho	Peso	Conforto	Carga Suportada	Vida Útil	Precisão nas medições	Manuseio	Custo	Design																																																																																																						
												Cliente	Grau de importância (geral)				Nosso Produto	Concorrente X																																																																																												

RC: Requisitos do Cliente	Aparência	Design diferenciado do mercado	1	1	1	1	1	1	3	1	5		3	3	3	4
		Design ergonomico	1	1	5	1	1	1	1	1	5		5	5	5	5
	Confiabilidade	Não pode falhar nas medições	3	1	1	5	1	5	1	1	1		5	5	5	4
		Estrutura Rígida	5	5	3	5	5	5	1	5	1		5	4	5	5
	Padrão nas medições	1	1	1	5	1	5	1	1	1		5	5	5	5	
	Dinamicidade	Opção de trabalhar com os um membro inferior	1	1	3	1	1	5	3	3	1		4	5	5	4
		Opção de trabalhar com os dois membros inferiores	1	1	3	1	1	3	3	3	1		5	3	4	1
		Ajuste angular de aplicação da força	3	3	1	1	1	3	1	1	1		5	3	3	1
	Mobilidade	Tamanho adequado para diversos biotipos	5	3	5	5	1	5	3	1	3		3	5	5	4
		Fácil deslocamento no layout	5	5	3	1	1	1	5	1	3		4	3	4	3
	Resistencia	Resistir ao peso do usuario	3	5	1	5	1	1	1	1	3		5	5	5	5
		Resistência a força aplicada	3	3	1	5	1	5	1	3	3		5	5	5	5
	Acessibilidade Financeira	Baixo custo de aquisição	3	5	3	1	5	5	1	5	3		4	3	4	2
		Estrutura modular	3	3	1	1	1	5	1	5	3		5	1	5	1
	Durabilidade	Componentes de alta qualidade com longo ciclo de vida	1	1	1	3	5	1	1	5	1		4	5	5	5
		Material de estrutura não oxidante	1	3	1	1	3	3	1	5	3		4	2	5	3
			Unidade	mm	Kg	kgN	anos	%	mm	R\$						
	Benchmarking Técnico de Produto		Nosso Produto	750	40	9	500	700	100	750	6000	9				
Concorrente X			1350	60	10	500	200	100	1350	22000	10					

Figura 1- Matriz QFD

Os requisitos do cliente serviram como direcionador das prioridades do projeto, transformando em especificações de produto. Partindo das prioridades, deu-se início a elaboração do projeto. Sendo projetada toda parte estrutural com os softwares TopSolid® e Ftool®, se enquadrando nos padrões estabelecidos pelos clientes. A Figura 2 representa o modelo paramétrico desenvolvido para aferir a força dos membros inferiores.



Figura 2: Modelo paramétrico para aferir força isométrica - TopSolid®

Já o hardware foi projetado para realizar a aquisição dos dados de força durante o teste muscular dos membros inferiores. A Figura 3 representa a tipologia utilizada no modelo.

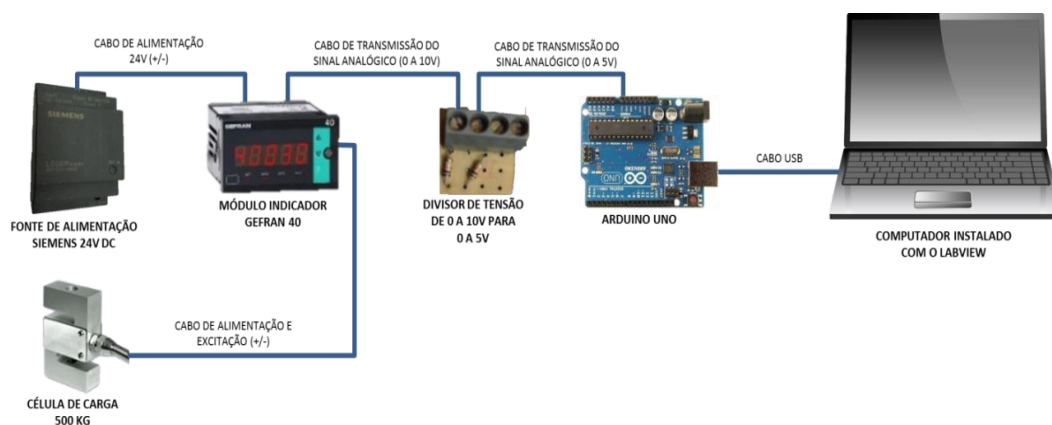


Figura 3: Tipologia aplicada para o modelo

Trata-se de uma fonte de alimentação de 24V DC, acoplada a célula de carga do tipo S com capacidade de carga de 500 kg, um Arduino Uno® e o Gefran® para a aferição do valor de massa em kgf.

Todo o hardware foi acoplado ao modelo, sendo-o isolado, a Figura 4 representa a hardware aplicado ao modelo.



Figura 4: Hardware aplicado no modelo

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise estrutural foi desenvolvida utilizando o softwares TopSolid®, os resultados de cisalhamentos foram definidos e, obteve-se resultados para a verificação da resistência do material ao esforço solicitado como apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – Resultado dos esforços máximos.

Material	Esforço suportado máximo (kgf.cm ⁻²)	Esforço solicitado máximo (kgf.cm ⁻²)
Barra cilíndrica de aço SAE1020	195,38	32,07
Barra de Alumínio	1300,68	437,3
Pino de aço de corpo cilíndrico	2039,43	1820,9
1ª Barras de Nylon 6.0	917,74	641,02
2ª Barras de Nylon 6.0	159,23	125,81

No trabalho de hardware foi utilizado células de carga para aferição de dados, e montado um sistema capaz de ler os dados obtidos das células que estavam dispostas tanto na perna esquerda como da perna direita. Para a realização do controle desses dados obtidos no sistema de aquisição de dados, um diagrama de blocos foi criado como uma conexão entre um Arduíno e o software de programação virtual Labview®. Desse modo, foi possível realizar a leitura dos dados e ainda controlá-los por meio de um micro controlador simples. Sendo esses dados implementados em uma tela principal para facilitar a leitura dos dados e para tornar o uso do sistema mais simples, conforme mostrado na Figura 5.

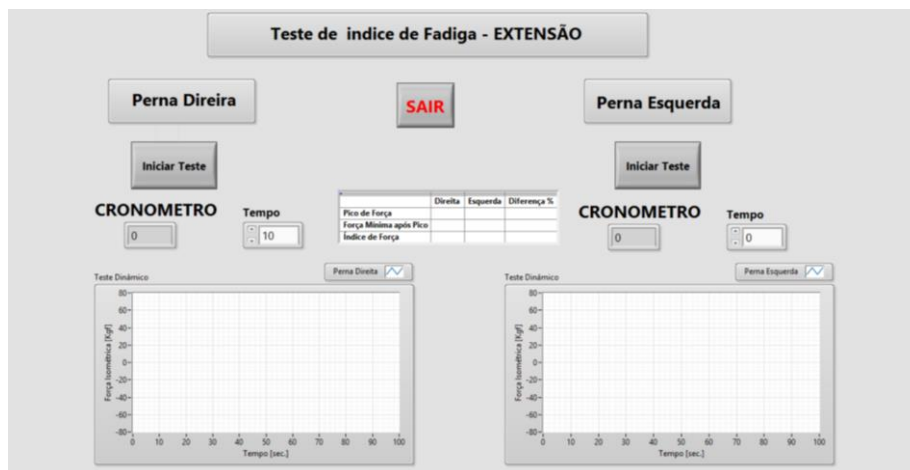


Figura 5- Interface de monitoramento do software.

A Figura 6 representa o protótipo do modelo desenvolvido para aferição da força isométrica dos membros inferiores.



Figura 6 - Cadeira Isométrica

Após o desenvolvimento do protótipo, o projeto será submetido ao Comitê de Ética de seres humanos, conforme a Resolução 510/2016, para a realização de testes. Desta forma, espera-se avaliar a eficiência e aplicabilidade da cadeira isométrica.

4. CONCLUSÃO

A Matriz QFD é uma ferramenta que converge as necessidades dos clientes em características de produto.

A construção do modelo paramétrico no TopSolid® proporcionou condições de transformar os requisitos de cliente em características de projeto.

O modelo desenvolvido está apto para aferir a força isométrica do grupo muscular de membros inferiores.

A partir dos hardwares houve melhor controle na capacidade do sistema de monitoramento, em verificar desequilíbrios entre os membros e, consequentemente, direcionar o treinamento ou tratamento terapêutico.

5. AGRADECIMENTOS

Agradecemos as empresas parceiras pelo material fornecido, a Universidade Federal de Lavras – UFLA pelo apoio na pesquisa, a empresa Missler pelo fornecimento do software TopSolid®, a FAPEMIG pelo apoio financeiro na implementação do projeto e na participação do CONEM 2018 e aos colaboradores do Núcleo de Estudos em Bioengenharia Aplicado à Reabilitação Humana - BEARH.

6. REFERÊNCIAS

- Akao, Y; Mazur, G. H. – The leading edge in QFD: past, presente and future. International Journal of Quality e Reliability Management, 2003.
- Amadio, A.C. Fundamentos Biomecânicos para a Análise do Movimento Humano. Universidade de São Paulo / USP. São Paulo: Estação Liberdade, 1996, 86p
- Escobar, M.; Núñez, I.; Véliz, C. Evolución histórica de los métodos de evaluación muscular y sus implicancias kinésicas. X Congresso Nacional de Kinesiologia, Viña del Mar, Chile, p.112-122,1990
- Medina,C.V.. Evaluación muscular isocinética del grupo flexo-extensor de rodilla. Kinesiologia, Revista oficial del Colegio de Kinesiólogos de Chile, n 59,p.53-58, jun 2000.
- Novo, Jr., J. M. Teste de preensão isométrica da mão: metodologia e implicações fisiológicas. 1998. Tese (Doutorado em Engenharia Biomédica) – Faculdade de Engenharia Elétrica – UNICAMP, Campinas, 1998.
- Sandoval, R. A.; Canto, R. S. de T.; Baraúna, M. A. Dinamômetro analógico adaptado: um dispositivo para medir o torque muscular. Lecturas Educacion Fisica y Deportes. Revista Digital Buenos Aires, ano, v. 10, 2004.
- Weinstein, S.L.; Buckwalter, J.A. Ortopedia de Turek: princípios e sua aplicação. 5.ed. São Paulo: Manole, 2000.

7. RESPONSABILIDADE AUTURAL

DEVELOPMENT OF A PROTOTYPE TO MEASURE ISOMETRIC STRENGTH OF THE MUSCULAR GROUP OF LOWER LIMBS

Joelma Rezende Durão Pereira¹

Sandro Pereira da Silva¹

Antônio Carlos Neri¹

Antônio Carlos Lima Neto²

Taine Nazaré Esteves²

Mouhamed Zorko²

¹ Federal University of Lavras, UFLA, MG, Brasil, joelma.durao@deg.ufla.br; sandro.silva@deg.ufla.br; acneri@deg.ufla.br

² Graduating Federal University of Lavras, UFLA, MG, Brasil, mzorkot@engenharia.ufla.br

Abstract. *Performing high performance physical activities requires body conditioning compatible with the required muscle requirement. The search for the best performance in physical activities has been the object of much research in the centers of excellence by several researchers, both for personal training in gyms and for sports. For athletes, such conditioning becomes even more necessary, since a competitive feature emerges in order to obtain the best performance, without causing injuries resulting from the training process itself. There is also the purpose of assisting in the rehabilitation of individuals with motor impairment. Thus, the proposal of this work consisted in the design and construction of a model capable of measuring the isometric strength of the lower limbs muscle group, determining the resistive efforts of the posterior and lower thigh muscle groups in individuals, with high precision and reliability. The parametric model was developed using powerful parametric design software and TopSolid® structural analysis. After the prototype was built with embedded hardware for the perfect operation of the model.*

Keywords: *Isometric Strength; hardware; software; Virtual Model; Prototype*