

## SISTEMA COMPUTADORIZADO DE BAIXO CUSTO PARA PREVENÇÃO DE ÚLCERAS DE PRESSÃO EM CADEIRANTES

M. Volpini\*, B. M. H. Lana\*\*, P. H. P. Magalhães\* e M. Pinotti\*

\* Laboratório de Bioengenharia - Labbio, DEMEC-UFMG - Belo Horizonte/MG, Brasil

\*\* Fundação Dom Cabral - Campus Aloysio Faria - Nova Lima/MG, Brasil

e-mail: marivolpini@yahoo.com.br

**Resumo:** Este estudo tem por objetivo apresentar um sistema computadorizado de baixo custo apto a gerar mapas de intensidade da distribuição da pressão na região glútea de indivíduos na posição sentada, capazes de orientar a customização apropriada da cadeira de rodas. Os resultados mostraram que o sistema apresenta adequado Coeficiente de Correlação Intraclasse (ICC) ( $> 0,70$ ) podendo ser utilizado como uma ferramenta para análise de distribuição de pressão na região glútea e, conseqüentemente, na prevenção de úlceras dérmicas, resultando em conforto e bem-estar para os cadeirantes e, ainda, diminuição dos gastos das instituições públicas de saúde no Brasil com esta afecção.

**Palavras-chave:** distribuição de pressão, úlceras dérmicas, sistema de baixo custo, cadeira de rodas.

**Abstract:** *This study aims to present a low cost computerized system able to generate intensity maps of the pressure distribution of gluteal region of subjects in the sitting position, able to guide the appropriate customization of the wheelchair. The results showed that the system has adequate Intraclass Correlation Coefficient (ICC) ( $> 0.70$ ) so that can be used as a tool for analyzing the pressure distribution in the gluteal region and consequently in the prevention of dermal ulcers, resulting in comfort and well-being for wheelchair users and even decreasing expenditure of public health institutions in Brazil with this condition.*

**Keywords:** *pressure distribution, tissue ulcers, low cost system, wheelchair.*

### Introdução

A úlcera de pressão “é uma lesão localizada na pele e/ou no tecido ou estrutura subjacente, geralmente sobre uma proeminência óssea, resultante de pressão isolada ou de pressão combinada com fricção e/ou cisalhamento” [1]. Embora seja considerada uma condição secundária, sua prevenção é de extrema importância, uma vez que causa grande impacto social e econômico para o paciente [2].

Os lugares mais comumente acometidos são a região glútea (sacro, cóccix, tuberosidade isquiática - 53%), os calcanhares (12%), os tornozelos (7%) e outros (13%).

Analisando-se o local de ocorrência das úlceras, supõe-se que aquelas da região glútea parecem ser resultado de carga excessiva durante o sentar prolongado e, portanto, podem ser evitadas por meio de uma melhor distribuição de peso nesta posição [3].

Nas últimas décadas, sistemas computadorizados com sensores sensíveis à pressão têm sido desenvolvidos e utilizados para auxiliar a prescrição e adaptação de cadeira de rodas, visando à prevenção de úlceras dérmicas [4]. No entanto, embora estas tecnologias apresentem vasta utilidade e ofereçam benefícios aos indivíduos com disfunções neuromotoras, especialmente os usuários de cadeira de rodas, elas não estão disponíveis para a maioria dos pacientes devido aos altos custos. Embora no Brasil a insignificante indústria nacional de componentes eletrônicos dificulte a competitividade dos seus produtos, a indústria brasileira de *software* apresentou considerável desenvolvimento nas últimas duas décadas e várias universidades brasileiras criaram centros de desenvolvimento de *software* de excelência [5], [6].

Este artigo descreve o projeto de um sistema de baixo custo, desenvolvido em uma universidade brasileira, para mapeamento e análise de distribuição de pressão da região glútea capaz de identificar as necessidades específicas de usuários de cadeira de rodas a fim de prevenir a ocorrência de úlceras de pressão, promovendo bem-estar e qualidade de vida para estes indivíduos.

### Materiais e métodos

#### 1.1. Sistema de mapeamento de pressão na região glútea de usuários de cadeira de rodas

Um protótipo de baixo custo foi desenvolvido objetivando relacionar a distribuição da pressão na região glútea com as especificações de adaptação (customização) da cadeira de rodas resultando em conforto, bem-estar e maior funcionalidade para os cadeirantes. Para tanto, faz-se necessário o desenvolvimento de um sistema de aquisição de dados capaz de fornecer *feedback* para o terapeuta para nortear sua conduta clínica a respeito do equipamento.

O sistema de aquisição de dados tem por objetivo fazer a leitura do valor de uma tensão elétrica, proveniente de um divisor de tensão composto por uma resistência elétrica fixa e uma resistência variável, o sensor *Force Sensing Resistor* (FSR), e converter estes sinais em valores equivalentes à força e enviar o resultado para o *software* de análise. *Force Sensing Resistor* (FSR) é um dispositivo compacto, que apresenta um decréscimo na resistência com um aumento da força aplicada para ativar a superfície

(resistência é inversamente proporcional à força). No total 27 sensores FSR, todos com área igual a 1600mm<sup>2</sup>, foram distribuídos ao longo de uma superfície do tamanho de um assento (340 x 340 mm).

A resistência elétrica é variável de acordo com a força aplicada sobre a superfície do sensor. Para realizar a leitura do valor da resistência elétrica variável, o sensor FSR utiliza um divisor de tensão. Este divisor de tensão é um circuito elétrico composto por um sensor de resistência variável conectado em série à resistência escolhida. Ambas as resistências estão submetidas a uma diferença de potencial de 5 V, fornecida por uma fonte de computador. Quando não há força aplicada, estes sensores apresentam uma resistência muito grande, em torno de 2 MΩ, e quando aplicada uma força de cerca de 30-40 N sua resistência cai para um valor a cerca de 200 Ω. Sua variação da resistência, conforme a força aplicada, segue uma curva exponencial.

Neste sistema de aquisição a variável proveniente do sensor (Resistência Elétrica Variável) é convertida em um sinal de tensão variável para que ele possa ser manipulado de maneira mais eficiente e lido por um voltímetro, para tanto, faz-se necessário o condicionamento de sinais. A figura 1 ilustra este procedimento.

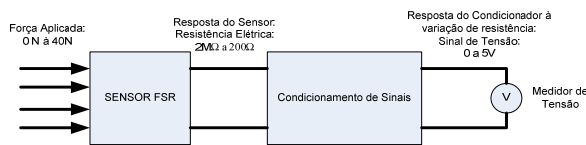


Figura 1: Diagrama de blocos ilustrando o condicionamento de sinais

Na figura 2, é possível observar o circuito para o condicionamento de sinais, que se trata, na verdade, de um simples divisor de tensão.

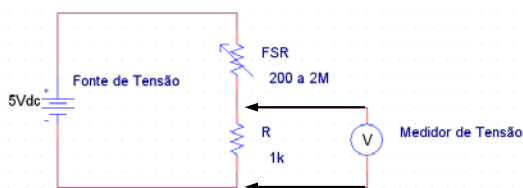


Figura 2: Circuito para o condicionamento de sinais

Pode-se observar que a entrada do condicionador é o sensor FSR e a saída é tomada como a tensão da resistência fixa R, cujo valor estipulado é 1 kΩ (1000 Ω). Quando não houver força aplicada no sensor sua resistência será muito maior que a resistência fixa R. Assim, a tensão da fonte de 5 V se distribuirá quase que totalmente entre os terminais do sensor FSR e portando a tensão nos terminais da resistência R será 0 V. No outro extremo, se uma força de 40 N for aplicada ao sensor, sua resistência será em torno de 200 Ω e, de acordo com a regra do divisor de tensão, a tensão nos terminais de R, segundo a Equação 1, será:

$$V_R = \frac{5V \times 1000\Omega}{200\Omega + 1000\Omega} V_R = 4,17V \quad (1)$$

Assim, para uma variação em torno de 0 a 40 N, temos, a partir do sensor FSR, uma resistência elétrica de 2 MΩ a 200 Ω e uma tensão de saída do condicionador de aproximadamente de 0 a 4,2 V.

O circuito de condicionamento de sinais foi isolado do medidor de tensão através de um amplificador operacional, na configuração Seguidor de tensão ou buffer. Este isolamento tem por objetivo impedir interferências do medidor nos resultados.

Neste sistema de aquisição com FSR foram utilizados dois multiplexadores de 16 canais ou entradas. Cada multiplexador apresenta 16 entradas, E1 a E16, e quatro entradas de seleção A0 a A3, e uma saída S.

As entradas do multiplexador são ligadas à saída do condicionador de sinais; assim cada multiplexador comporta 16 sensores FSR, com um total 32 sensores. As saídas dos dois multiplexadores são inseridas em medidores de tensão, que, neste sistema, são duas entradas analógicas do NI6009 da National Instruments. As entradas de seleção têm a finalidade de selecionar uma das 16 entradas de cada multiplexador e conectá-la à saída. O multiplexador seleciona as entradas E1 a E16 de acordo com o sinal de tensão das entradas de seleção A0 a A3. O uso de multiplexadores traz o benefício da economia de entradas analógicas para comportar os 32 sensores, com a desvantagem de que o período de amostragem é aumentado. O NI 6009 da National Instruments é um módulo multifunção USB para geração e aquisição de dados da National Instruments. Ele possui entradas e saídas analógicas e entradas e saídas digitais. O NI 6009 é facilmente controlado por software da plataforma LabView. Neste Sistema com FSR foram utilizadas seis saídas digitais para controlar ambos os multiplexadores e duas entradas analógicas para a leitura proveniente das saídas dos dois multiplexadores. Por meio do software LabView é possível, além de controlar o módulo NI6009 e o multiplexador, utilizar várias formas de condicionamento do sinal lido e sua exibição. Foram implementados filtros passa-baixas para melhorar a qualidade do sinal lido. Para a leitura dos 27 sensores realizam-se os seguintes passos: seleciona-se um canal pelas saídas digitais, por exemplo, o canal 1, lê-se o canal selecionado e armazena o valor lido; em seguida, seleciona-se o segundo canal pelas saídas digitais, lê-se o canal selecionado, armazena-se o valor e assim sucessivamente. Para exibição dos resultados foram utilizadas a curva de intensidade e a curva de superfície, como mostrado na figura 3. Para a exibição dos mesmos foram utilizadas rotinas de interpolação.

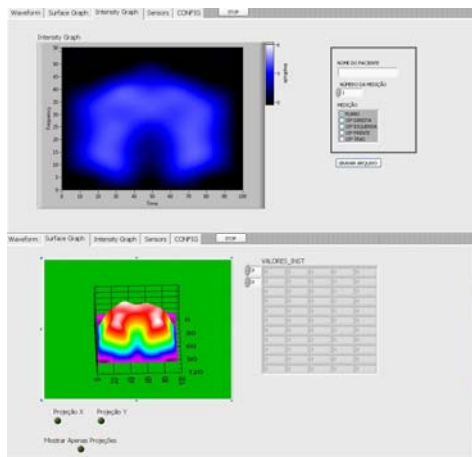


Figura 3: Exibição dos resultados pelas Curvas de Intensidade e de Superfície

Resumindo, todo o sistema de aquisição com sensores FSR pode ser representado pelo diagrama de blocos as figura 4 e pelas fotografias da figura 5.

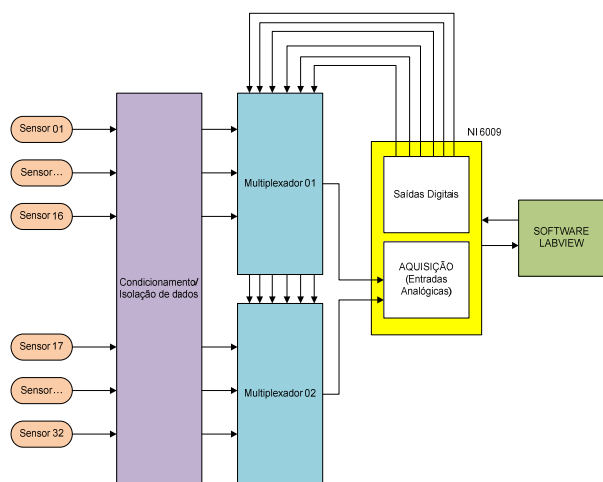


Figura 4: Diagrama de blocos representando o sistema de aquisição com sensores FSR

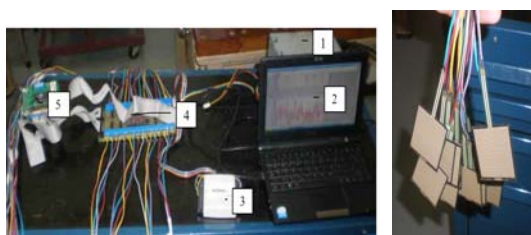


Figura 5: (a) Parte do sistema de aquisição com sensores FSR, onde (1) é a fonte de 5 V, (2) notebook com o software de aquisição de dados feito na plataforma LabView, (3) NI 6009 da National Instruments, (4) circuito eletrônico contendo as resistências fixas, os amplificadores operacionais, e conectores para ligação dos sensores, dos multiplexadores, do NI6009 e da fonte (itens externos à placa) e (5) multiplexadores. (b) Sensores FSR

Neste estudo houve a participação de 34 indivíduos saudáveis. Os dados coletados constaram de medições da distribuição de pressão na região glútea destes sujeitos na posição sentada, utilizando-se um total de 27 sensores para esta coleta. Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais (COEP-UFMG nº383/09). A posição dos sensores no assento da cadeira de rodas é mostrada na figura 6.

2	1	25	27	26
5	3	4	24	23
8	6	7	22	21
11	9	10	20	19
13	12	16	18	17
---	14	---	15	---

Figura 6: Posição dos sensores no assento da cadeira de rodas

### 1.2. Confiabilidade dos sensores

Previamente ao estudo de confiabilidade dos sensores, foi realizada a calibração dos mesmos utilizando-se o procedimento de regressão não linear do SPSS 15.0. O menor valor do coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) entre todos os sensores calibrados foi de 99,092%, mostrando que o modelo foi adequado para explicar os valores observados.

O estudo de confiabilidade dos sensores teve por objetivo validar o sistema desenvolvido para o mapeamento de pressão na região glútea de usuários de cadeira de rodas, utilizando para tanto o Coeficiente de Correlação Intraclasse (ICC).

Os participantes foram solicitados a sentar em um assento plano com as mãos sob as coxas, olhar no horizonte e apoio dos pés ajustado de forma que os ângulos formados entre o tronco e a coxa e entre a coxa e a perna fossem iguais a 90°. Este procedimento foi realizado cinco vezes para cada indivíduo. Das cinco repetições, três foram usadas para análise, uma vez que os dados com o maior e com o menor valor foram excluídos [7]. Com base nas três medições remanescentes foram calculados os índices de Correlação Intraclasse (ICC) do tipo *Two Way Mixed*, para medir o grau de congruência entre medições repetidas. Segundo Shrout e Fleiss (1979) quando o ICC é igual a 0 o estudo não é reprodutível, mas quando o ICC é igual a 1, o estudo é reprodutível ao máximo. Desta forma, o ICC entre  $0,4 \leq ICC < 0,75$  representa reprodutibilidade satisfatória;  $ICC < 0,4$  significa pobre reprodutibilidade e  $ICC \geq 0,75$  significa excelente reprodutibilidade [8].

### Resultados

O resultado dos ICC calculados, descrito na tabela 1, demonstra que todos os sensores com exceção do 3, 4, 6, 20 e 22 atingiram adequado nível de confiabilidade

(> 0,60). Se estes sensores fossem retirados da análise o valor do ICC mudaria de 0,70 para 0,82 (Tabela 1).

TABELA 1: ICC dos sensores

SENSOR	ICC	SENSOR	ICC
1	0,81	15	0,83
2	0,89	16	0,90
3	<b>-0,13</b>	17	0,80
4	<b>0,34</b>	18	0,76
5	0,70	19	0,95
6	<b>0,10</b>	20	<b>0,15</b>
7	0,75	21	0,72
8	0,82	22	<b>0,30</b>
9	0,77	23	0,72
10	0,97	24	0,70
11	0,88	25	0,61
12	0,86	26	0,87
13	0,93	27	0,89
14	0,94		
<b>ICC global</b>		<b>0,70</b>	
<b>ICC exclusão</b>		<b>0,82</b>	

### Discussão

Como o valor do ICC global obtido através de medições realizadas com os sujeitos sentados no plano foi adequado (0,70) considerou-se que o sistema de medição é adequado, embora 5 dos 27 sensores tenham apresentado um valor insatisfatório de ICC. Em nossa análise, entende-se que o resultado insatisfatório do ICC destes sensores pode ser reflexo da variabilidade das medidas antropométricas e ponderais dos participantes e ainda, da diversidade de formas de acomodação na posição sentada. Uma vez que o ICC global do sistema obteve um valor adequado, considerou-se que o mesmo pode ser considerado uma alternativa com adequada relação custo-benefício para mapeamento e análise de distribuição de pressão em assentos.

### Conclusão

É possível obter sistemas de qualidade com menor complexidade e menor custo capazes de promover adequado *feedback* no que diz respeito a análise de distribuição da pressão na região glútea de usuários de cadeira de rodas. Desta forma, um maior número de indivíduos pode desfrutar dos benefícios de uma customização deste produto baseada em dados que parecem ser relevantes para a prevenção das úlceras dérmicas, que tanto degrada a qualidade de vida e bem-

estar destes indivíduos além de apresentar tratamento oneroso.

### Agradecimentos

Ao CNPq pelo apoio financeiro para o desenvolvimento desta pesquisa, ao Laboratório de Bioengenharia da UFMG - LabBio e para todos aqueles que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

### Referências

- [1] National Pressure Ulcer Advisory Panel. Conceito e Classificação de Úlcera por Pressão: atualização do NPUAP. Tradução de Vera Lucia C G Santos e Maria Helena L Caliri. Rev Estima. 2007; 5(3): 43 – 44.
- [2] Eitzen I. Pressure Mapping in Seating: A Frequency Analysis Approach. Arch Phys Med Rehabil. 2004; 85:1136-1140.
- [3] Brienza DM, Karg PE, Brubaker CE. Seat cushion design for elderly wheelchair users based on minimization of soft tissue deformation using stiffness and pressure measurements. IEEE Transactions on rehabilitation engineering. 1995; 4(4): 320-327.
- [4] Ferguson-Pell M, Cardi MD. Prototype development and comparative evaluation of wheelchair pressure mapping system. Assist. Technol. 1993; 5:78-91
- [5] Gutierrez RMV, Alexandre PVM. Complexo eletrônico brasileiro e competitividade. BNDES Setorial, Rio de Janeiro. 2003; 18(set):165-192.
- [6] Gouvea R. The transnationalization of Brazil's software industry. Transnational Corporations. 2007; 16(1): 145-164.
- [7] Barroso PN, Vimieiro C, Vecchio SD, Pinotti, M. Quantificação da amplitude de movimento a partir de imagens digitais. In: 26º Congresso brasileiro de cirurgia da mão. 2006 April 29 – May 01; São Paulo, Brazil. 2006.
- [8] Shrout PE, Fleiss JL. Intraclass correlation: uses in assessing rater reliability. Psychol Bull. 1979; 86(2): 420-428.