

## COMPARAÇÃO DE ÂNGULOS ARTICULARES OBTIDOS COM SENSORES INERCIAIS: A INFLUÊNCIA DAS MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS

*Ana Assunção<sup>1</sup>, David Silveira<sup>2</sup>, Filomena Carnide<sup>1</sup>, Andreia Carvalho<sup>1,3</sup>, António P. Veloso<sup>1</sup> e Vera Moniz-Pereira<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> LBMF, CIPER, Faculdade de Motricidade Humana, Universidade Lisboa, Portugal

<sup>2</sup> Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa

<sup>3</sup> Musculoskeletal Rehabilitation Research Group, Fac. of Movement and Rehab. Sciences, Leuven KU, Belgium  
[aassuncao@edu.ulisboa.pt](mailto:aassuncao@edu.ulisboa.pt); [davidlapsil@gmail.com](mailto:davidlapsil@gmail.com); [fcarnide@fmh.ulisboa.pt](mailto:fcarnide@fmh.ulisboa.pt); [andreiafcavalho@gmail.com](mailto:andreiafcavalho@gmail.com);  
[apveloso@fmh.ulisboa.pt](mailto:apveloso@fmh.ulisboa.pt); [veramps@fmh.ulisboa.pt](mailto:veramps@fmh.ulisboa.pt)

**PALAVRAS-CHAVE:** Cinemática, Membros superiores, Movimentação Manual de Cargas, Tronco

### 1 INTRODUÇÃO

Durante os últimos anos, a utilização de sensores inerciais (IMUs) para a captura de movimento tem aumentado e tem sido utilizada em diversos contextos, como no contexto ocupacional [1]. Sendo que a combinação da utilização de IMUs e de métodos observacionais (e.g. Rapid Upper Limb Assessment [RULA]) tem sido uma realidade crescente [2]. Para este sistema é recomendado introduzir para cada participante diferentes medidas antropométricas (11) para escalar o modelo. No entanto, este processo é moroso e está sujeito a erros de medida e introdução de dados, o que pode tornar-se um constrangimento na recolha de dados em contexto ocupacional. Assim, o objetivo deste estudo é comparar os ângulos articulares obtidos utilizando o modelo com todas as medidas antropométricas e apenas com duas medidas antropométricas (altura do participante e comprimento do pé).

### 2 MÉTODOS

Dois participantes (1 sexo masculino e 1 do sexo feminino) realizaram 9 repetições da movimentação de uma caixa de madeira (3,1 kg) desde o solo até ao topo de uma mesa (80,2 cm de altura). Não foram colocadas nenhuma restrições de movimento, por forma a garantir o padrão natural. Foram utilizados 17 IMUs (MTws, Xsens Technologies, the Netherlands) com uma frequência de amostragem de 60 Hz. O software Xsens Analyse foi utilizado para reprocessar os dados do modelo com duas medidas antropométricas e o modelo com todas as medidas (11). O cálculo dos ângulos articulares do pescoço, tronco e membro superior direito (ombro, cotovelo, punho) (sequência de Cardan XYZ), no plano sagital, foi realizado com recurso ao Visual 3D (Has-Motion, Inc, CA). O *root mean square difference* (RMSD) foi determinado para avaliar as diferenças entre as curvas dos ângulos articulares resultantes do modelo com todas as medidas e do modelo com duas medidas, para cada repetição de cada participante, bem como a diferenças das curvas médias ponto a ponto entre os 2 modelos.

### 3 RESULTADOS

A cinemática estimada pelo modelo com duas medidas é semelhante aos valores obtidos pelo modelo com todas as medidas em todos os ângulos articulares avaliados, demonstrado pela

sobreposição das curvas e do sombreado (Fig 1). O ângulo do tronco (Fig 1B) é o que apresenta um RMSD ( $0.09^\circ \pm 0.05$ ) mais baixo. Por outro lado, o ângulo do punho (Fig 1E) é o que apresenta o RMSD ( $0.41^\circ \pm 0.31$ ) mais elevado. Transversalmente a todos os ângulos avaliados, a diferença média (representada a verde na Fig 1) entre os dois modelos é próxima de 0.

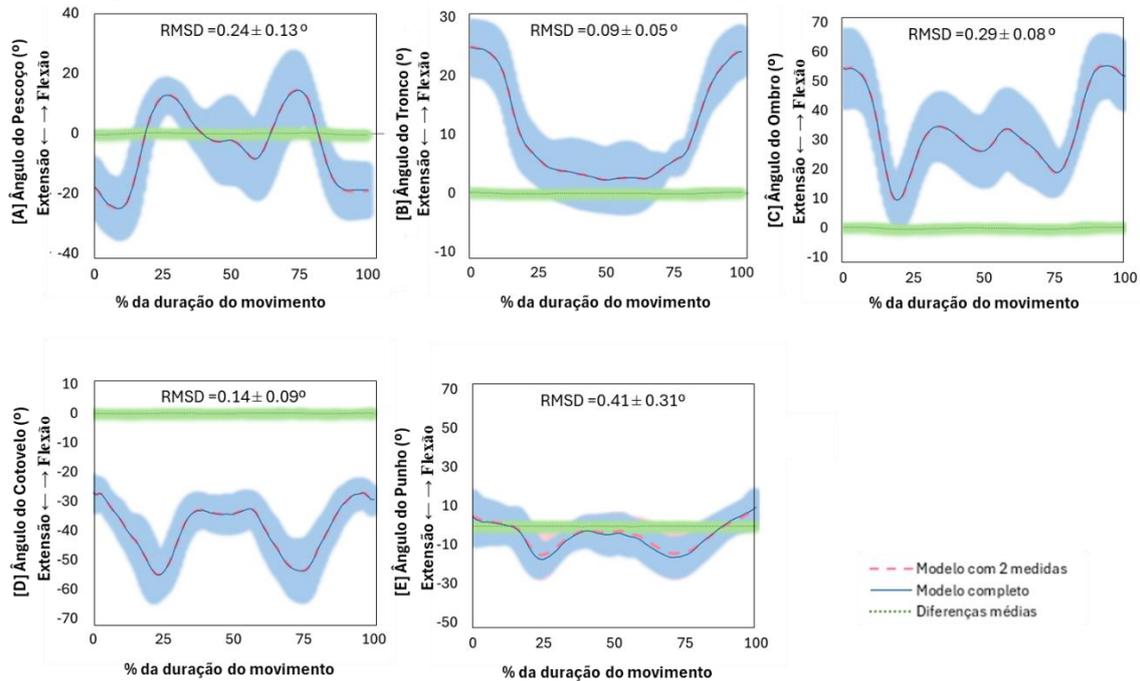


Figura 1 – Análise cinemática no plano sagital: Ângulos articulares [A] Pescoço flexão (+) / extensão (-), [B] Tronco flexão (+) / extensão (-), [C] Ombro flexão (+) / extensão (-), [D] Cotovelo flexão (+) / extensão (-), [E] Punho flexão (+) / extensão (-) durante a movimentação manual de cargas. **Sombreado** = média das repetições  $\pm 1$  desvio padrão.

#### 4 DISCUSSÃO/CONCLUSÃO

Os resultados demonstram que a cinemática obtida no plano sagital do modelo com 2 medidas antropométricas e com o modelo com todas as medidas é semelhante. Humadi et al. 2020 [3], obtiveram valores de RMSD entre IMU e análise a duas dimensões numa tarefa de movimentação manual de cargas entre  $1,5^\circ$  e  $10,8^\circ$  para ângulos articulares do membro superior e tronco. Quando aplicaram o RULA para a mesma tarefa, verificaram que este nível de erro não afetava o valor final de risco. Assim, estes resultados revelam o potencial para reduzir o número de medidas antropométricas necessárias para obter resultados válidos, conduzindo à diminuição do tempo necessário no processo de instrumentação do participante e consequentemente do tempo despendido fora do posto de trabalho.

#### AGRADECIMENTOS

Projeto WAge (Grant agreement nº 101137207) financiado pela União Europeia e CIPER: DOI 10.54499/UIDP/00447/2020.

#### REFERÊNCIAS

- [1] G. Welch and E. Foxlin, "Motion tracking: no silver bullet, but a respectable arsenal," IEEE Comput Graph Appl, vol. 22, no. 6, pp. 24–38, Nov. 2002, doi: 10.1109/MCG.2002.1046626.
- [2] A. Ranavolo, F. Draicchio, T. Varrecchia, A. Silveti, and S. Iavicoli, "Wearable Monitoring Devices for Biomechanical Risk Assessment at Work: Current Status and Future Challenges—A Systematic Review," Int J Environ Res Public Health, vol. 15, no. 9, p. 2001, Sep. 2018, doi: 10.3390/ijerph15092001.
- [3] A. Humadi, M. Nazarahari, R. Ahmad, and H. Rouhani, "In-field instrumented ergonomic risk assessment: Inertial measurement units versus Kinect V2," Int J Ind Ergon, vol. 84, p. 103147, Jul. 2021, doi: 10.1016/j.ergon.2021.103