

## SISTEMA DE LOCALIZAÇÃO EM CALÇADO DE SEGURANÇA COM APLICAÇÃO EM MONITORIZAÇÃO DE CARGAS

*João Dias<sup>1</sup>, Inês Rodrigues<sup>1</sup>, Ana Guerra<sup>1</sup>, Nilza Ramião<sup>1</sup>, Tiago Machado<sup>2</sup>, Pedro Castro-Martins<sup>3</sup>, Arcelina Marques<sup>3</sup>, Mário Vaz<sup>1</sup> e Bruno Areias<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> INEGI – Instituto de Ciência e Inovação em Engenharia Mecânica e Engenharia Industrial, Portugal

<sup>2</sup> AMF – Safety Shoes, Portugal

<sup>3</sup> CIETI, ISEP, Instituto Politécnico do Porto, Portugal

[jdias@inegi.up.pt](mailto:jdias@inegi.up.pt); [irodrigues@inegi.up.pt](mailto:irodrigues@inegi.up.pt); [aguerra@inegi.up.pt](mailto:aguerra@inegi.up.pt); [nramiao@inegi.up.pt](mailto:nramiao@inegi.up.pt);  
[tiagamachado@amfshoes.com](mailto:tiagamachado@amfshoes.com); [pmdcm@isep.ipp.pt](mailto:pmdcm@isep.ipp.pt); [mmr@isep.ipp.pt](mailto:mmr@isep.ipp.pt); [gmavaz@fe.up.pt](mailto:gmavaz@fe.up.pt); [bareias@inegi.up.pt](mailto:bareias@inegi.up.pt)

**PALAVRAS-CHAVE:** Saúde ocupacional, Calçado inteligente, *Ultra-wideband*

### 1 INTRODUÇÃO

As disfunções do sistema músculo-esquelético estão entre as mais frequentes na saúde ocupacional, sendo o transporte de cargas pesadas um fator de risco para este tipo de lesões. É, portanto, imprescindível cumprir as normas de saúde e segurança ocupacional de forma a garantir o bem-estar dos trabalhadores e evitar a redução na produtividade além dos custos associados ao absentismo e aos tratamentos médicos. De acordo com a norma ISO 11228, a carga transportada acumulada ao longo de todo o período de trabalho deve ser menor quanto maior for a distância percorrida para o transporte dessa carga [1]. Um sistema de localização associado a um sistema de monitorização de cargas, permite verificar em que postos de trabalho se transportam cargas mais elevadas e monitorizar as distâncias percorridas com diferentes cargas.

Neste trabalho, desenvolveu-se um sistema de localização por *Ultra-wideband* (UWB) a ser aplicado num sapato sensorizado capaz de medir a carga manuseada pelo trabalhador. Com isto, é possível realizar uma análise da organização do espaço de trabalho e como esta afeta o transporte manual de cargas e definir medidas para reduzir o risco de lesões.

### 2 UWB EM SISTEMAS DE LOCALIZAÇÃO

UWB é uma tecnologia de comunicação sem fios de curto alcance e elevada largura de banda utilizada para transmitir dados, medir distâncias e localizar dispositivos com uma precisão elevada [2]. A medição de distância com UWB baseia-se na medição do tempo que um pulso de rádio demora a viajar entre dois dispositivos, utilizando a velocidade da luz para calcular a distância.

Sabendo a distância entre, no mínimo, três dispositivos, é possível localizar um dispositivo no espaço. Tipicamente, num sistema UWB os dispositivos podem funcionar como âncoras ou *tags*, sendo os primeiros fixos com a sua localização conhecida e os últimos os dispositivos móveis cuja localização se pretende conhecer. As *tags* enviam uma mensagem por UWB para as âncoras e estas devolvem ao emissor. Calculando a distância entre a *tag* e as âncoras através do tempo entre a emissão e receção desta mensagem e sabendo a localização das âncoras no espaço é então possível determinar a localização da *tag*.

#### 2.1 IMPLEMENTAÇÃO

As *tags* e as âncoras são dispositivos idênticos constituídos por um microcontrolador ESP32 e um módulo transmissor-recetor UWB DWM3000. Cada *tag* é integrada num sapato de cada par, uma vez que é apenas necessário determinar a localização de um dos sapatos para definir a localização

dos trabalhadores. O sistema de localização será aplicado a um sapato sensorizado com monitorização de cargas, constituído por células de carga associadas a um sistema de aquisição de dados.

### 3 RESULTADOS

Para validação do sistema foi efetuado um ensaio com quatro âncoras (A1, A2, A3 e A4) e uma *tag* num ambiente industrial sujeito a ruído e interferências com a presença de máquinas industriais e paredes. Os resultados obtidos neste ensaio seguem apresentados na Figura 1. No eixo horizontal as âncoras distam 10 m e, no eixo vertical, distam 8 m. O trajeto percorrido pelo utilizador da *tag* é representado pela linha preta e cada ponto indica uma posição registada. Cada cor dos respetivos pontos representa a identificação das duas âncoras utilizadas no cálculo da posição.

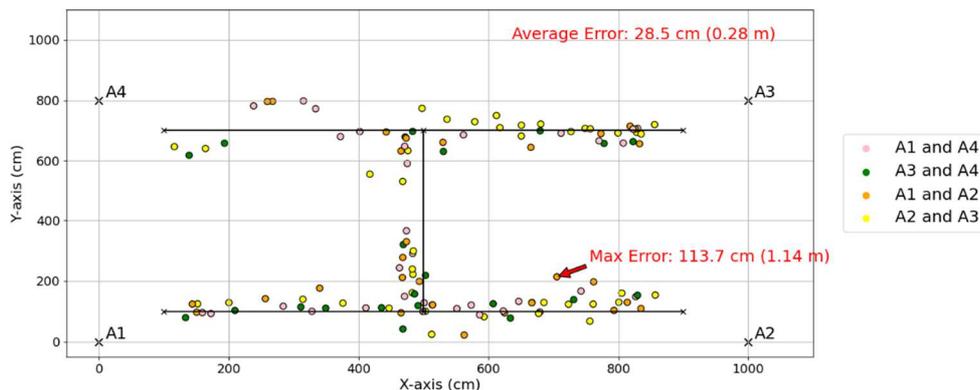


Figura 1 - Ensaio de localização em ambiente sujeito a interferências. A localização das âncoras está assinalada na figura pelos pontos A1, A2, A3 e A4.

O maior desvio entre a posição real e a posição registada foi de 1,14 m enquanto o desvio médio foi de 0,28 m. É ainda pertinente referir que os erros obtidos são perceptivelmente superiores quando se encontram paredes/objetos entre âncoras e a *tag* uma vez que o sinal é atenuado.

### 4 CONCLUSÕES

Este estudo demonstrou que a tecnologia UWB é capaz de localizar os trabalhadores no espaço e mapear os percursos efetuados. Associando esta tecnologia a um sistema de monitorização de cargas, será possível identificar as cargas transportadas pelos trabalhadores em diferentes postos de trabalho, assim como as distâncias percorridas com essas cargas. Dado o elevado índice de prevalência de lesões músculo-esqueléticas relacionadas com o trabalho, esta solução poderá ter um impacto significativo na sua prevenção, permitindo ajustar as condições de trabalho com base em dados concretos e assim melhorar a saúde e o bem-estar dos trabalhadores.

### AGRADECIMENTOS

Este estudo foi desenvolvido no âmbito do projeto “BioShoes4All – Inovação e capacitação da fileira do calçado para a bioeconomia sustentável”, projeto nº11, financiado por PRR – Plano de Recuperação e Resiliência, na sua componente 12 – Bioeconomia Sustentável, e pelos fundos europeus NextGeneration EU. Os autores também agradecem o financiamento concedido pela LAETA, no âmbito do projeto UIDB/50022/2020.

### REFERÊNCIAS

- [1] ISO 11228-1:2021 – Ergonomics – Manual handling - Part 1: Lifting, lowering and carrying, International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland, 2021.
- [2] T. Arsan e O. Kepez, «Early Steps in Automated Behavior Mapping via Indoor Sensors», *Sensors*, vol. 17, n.º 12, p. 2925, dez. 2017, doi: 10.3390/s17122925.