

## DESENVOLVIMENTO DA DIMENSÃO DE DADOS PARA SISTEMAS DE PRODUTO-SERVIÇO (PSS) BASEADOS EM IOT: PROPOSTA DE APLICAÇÃO DO RULA

Isadora Haase Satler, Yuri Rudimar Manfio da Rocha e Vanessa Nappi

### INTRODUÇÃO

A Indústria 4.0 vem transformando os sistemas produtivos ao integrar tecnologias digitais, automação e análise de dados em tempo real. Nesse contexto, a servitização e os sistemas produto-serviço (PSS) habilitados por IoT destacam-se por converter dados de uso em valor, apoiando decisões [1]. A ergonomia é uma área que pode se beneficiar dessas inovações, sobretudo diante do aumento dos distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho (DORTs), que devem afetar 1,06 bilhão de pessoas até 2050, um crescimento de 115% em relação a 2020 [2][3].

Este estudo apresenta o desenvolvimento de uma solução baseada em visão computacional para avaliação postural automatizada, fundamentada no método *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA). A proposta, além de apoiar diagnósticos ergonômicos, mostra como dados em tempo real podem integrar a dimensão de dados de um PSS habilitado por IoT, favorecendo a prevenção de lesões e a inovação em saúde ocupacional.

### DESENVOLVIMENTO

A solução proposta foi implementada em Python, integrando as bibliotecas OpenCV e MediaPipe. O OpenCV foi utilizado para captura de imagens e vídeos em tempo real, enquanto o MediaPipe identificou pontos-chave do corpo, como ombros, cotovelos, punhos e pescoço. A partir dessas coordenadas, ângulos articulares foram calculados por fórmulas trigonométricas e escores foram atribuídos segundo as regras do RULA (Fig. 1).

O diferencial está no fato de que esses dados, gerados automaticamente no ambiente de trabalho, podem ser organizados como uma base padronizada para integração em plataformas digitais conectadas, reforçando a lógica de PSS habilitados por IoT. Os testes iniciais foram conduzidos por alunos da disciplina de Ergonomia da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), aplicando a ferramenta na análise postural de colegas em atividades realizadas em pé ou sentadas.

### RESULTADOS

Os testes mostraram que a ferramenta é acessível, rápida e eficaz para avaliações preliminares de AET, apresentando resultados visuais e objetivos que permitem identificar variações sutis na postura (Fig. 2). Pequenas alterações, como a altura inadequada de um monitor, resultaram em escores mais elevados para pescoço e tronco, enquanto em atividades em pé foram observadas posturas críticas em braços e tronco.

Os resultados contribuem para o avanço da dimensão de dados em PSS habilitados por IoT. A coleta e o processamento automático de informações posturais em tempo real mostram como dados gerados no ambiente do cliente podem ser estruturados em indicadores padronizados, passíveis de integração em serviços digitais.

Essas evidências apoiam a proposição de um *framework* conceitual que sintetize como dados capturados por tecnologias de visão computacional podem alimentar sistemas conectados, fortalecendo a interface entre ergonomia, saúde ocupacional e servitização. Assim, a solução

não apenas auxilia ergonomistas, mas também exemplifica como dados ergonômicos podem ser incorporados em novos modelos de negócio orientados a serviços digitais na Indústria 4.0.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa demonstra como a integração entre tecnologias da Indústria 4.0 e ergonomia pode contribuir tanto para a saúde ocupacional quanto para a gestão organizacional. Ao transformar dados posturais em indicadores objetivos, a solução não apenas complementa um análise ergonômica do trabalho, mas também se alinha à lógica de PSS habilitados por IoT, nos quais a coleta de dados pode sustentar novos serviços digitais.

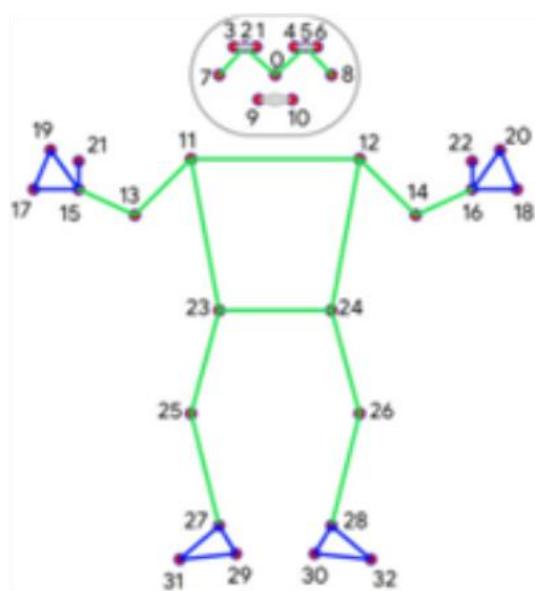
Ainda que a solução não substitua a análise holística conduzida por ergonomistas, representa um avanço relevante ao possibilitar avaliações rápidas, padronizadas e acessíveis, mesmo em ambientes com restrição de tempo ou recursos. Além disso, reforça a importância da dimensão de dados como elemento estruturante para o desenvolvimento de PSS orientados à saúde e segurança do trabalho.

Com o contínuo avanço das tecnologias de visão computacional e inteligência artificial, espera-se que essa ferramenta evolua para diagnósticos mais precisos e aplicações em diferentes setores produtivos.

**Palavras-chave:** Indústria 4.0; dimensão de dados, visão computacional, RULA automatizado.

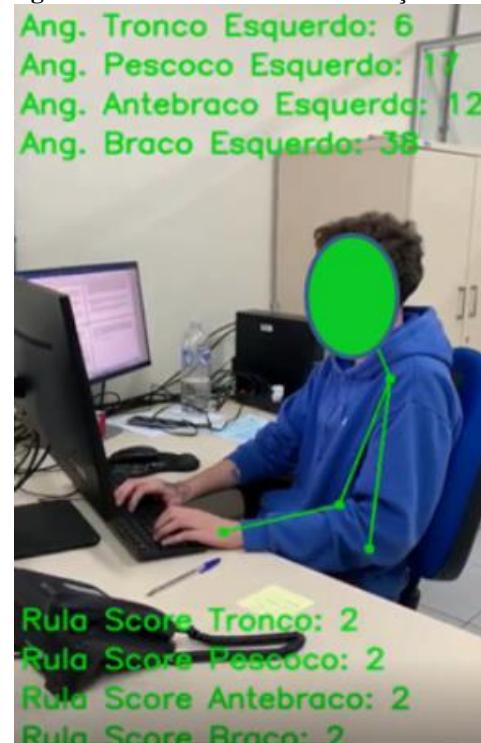
## ILUSTRAÇÕES

**Fig. 1 - Coordenadas dos pontos corporais.**



Fonte: MediaPipe Pose Landmarker (2025).

**Fig. 2 – Resultados do testes da solução.**



Fonte: Elaborada pelos autores (2025).

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

[1] ZAMBETTI, M; ADRODEGARI, F; PEZZOTTA, G; PINTO, R; SACCANI, N. Understanding data-driven product service system characteristics: A conceptual framework for manufacturing applications. Em: PROCEEDINGS OF THE SUMMER SCHOOL FRANCESCO TURCO, BERGAMO 2020, Anais.

[2] GILL, T. K. et al. Global, regional, and national burden of other musculoskeletal disorders, 1990–2020, and projections to 2050: a systematic analysis of the Global Burden of Disease Study 2021. *The Lancet Rheumatology*, v. 5, p. e670–e681, 2023.

[3] Instituto de Métricas e Avaliação da Saúde (IHME). Carga Global de Doença 2021: Descobertas do Estudo GBD 2021. Seattle, WA: IHME, 2024.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

[1] YIGITBASIOGLU, O. M.; VELCU, O. A review of dashboards in performance management: implications for design and research. *International Journal of Accounting Information Systems*, v. 13, n. 1, p. 41–59, 2012.

[2] ECKERSON, W.W. *Performance dashboards: measuring, monitoring, and managing your business*. Wiley, 2011.

[3] ZELLER, T. L.; METZGER, L. M. Goodbye traditional budgeting, hello rolling forecast. *American Journal of Business Education*, v. 6, n. 3, p. 299–310, 2013.

---

**DADOS CADASTRAIS**

---

**BOLSISTA:** Isadora Haase Satler

**MODALIDADE DE BOLSA:** PROIP/UDESC (IP)

**VIGÊNCIA:** 10/2024 a 08/2025 – Total: 11 meses

**ORIENTADOR(A):** Vanessa Nappi

**CENTRO DE ENSINO:** CCT

**DEPARTAMENTO:** Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas (DEPS)

**ÁREAS DE CONHECIMENTO:** Engenharias/ Engenharia de Produção

**TÍTULO DO PROJETO DE PESQUISA:** Caracterização de sistemas de serviço de produto (PSS) baseados em IoT: proposta de um *framework* conceitual

**Nº PROTOCOLO DO PROJETO DE PESQUISA:** NPP4252-2023