

ARTIGO - INOVAÇÃO E EMPREENDEDORISMO NA FISIOTERAPIA DO TRABALHO

DEEP LEARNING NA ANÁLISE ERGONÔMICA OCUPACIONAL: REVISÃO INTEGRATIVA NA FISIOTERAPIA DO TRABALHO

Girlan Freitas Meira (girlanmeira.016@gmail.com)

Emilly Amorim Cardoso (202110361@uesb.edu.br)

Cleber Souza De Jesus (csjesus@uesb.edu.br)

INTRODUÇÃO: A Fisioterapia do Trabalho atravessa uma transição paradigmática impulsionada pela transformação digital e pela incorporação de tecnologias baseadas em inteligência artificial. Nesse contexto, destaca-se a crescente utilização de sensores vestíveis e modelos de deep learning para análise ergonômica em tempo real, permitindo a identificação precoce de padrões de risco. Apesar dos avanços, ainda existe uma lacuna quanto à compreensão da acurácia, aplicabilidade clínica e implicações dessa tecnologia no contexto ocupacional, especialmente sob a perspectiva da Saúde Baseada em Valor (VBHC). **OBJETIVO:** Sintetizar evidências científicas sobre a acurácia diagnóstica e a eficácia na prevenção de distúrbios musculoesqueléticos relacionados ao trabalho (DORT) do uso de sensores vestíveis associados a algoritmos de deep learning na análise de risco ergonômico em trabalhadores, especialmente em setores de alto risco, como construção civil, indústria/manufatura e mineração, em comparação aos métodos ergonômicos tradicionais. **METODOLOGIA:** Trata-se de uma revisão integrativa da literatura, de caráter exploratório, conduzida em cinco etapas: (1) identificação do problema; (2) busca na literatura; (3) avaliação da qualidade metodológica dos

estudos; (4) análise dos dados; e (5) apresentação dos resultados. A busca foi realizada nas bases PubMed, Cochrane Library, Scopus e Web of Science, com estudos publicados entre 2018 e 2026. Utilizou-se a estratégia booleana: (“Occupational Health Services” AND “Technology” AND “Deep Learning” AND “Ergonomics”). Foram incluídos 22 estudos originais em inglês, português ou espanhol, que investigassem tecnologias aplicadas à análise ergonômica ocupacional. A qualidade metodológica foi avaliada por meio da Escala PEDro, quando aplicável. RESULTADOS: Os estudos evidenciam que a integração entre sensores vestíveis e algoritmos de deep learning permite uma análise ergonômica quantitativa e contínua, com elevada precisão na identificação de padrões de risco ocupacional. Modelos computacionais apresentaram acurácia de até 97,83%, superando métodos observacionais tradicionais, como RULA e REBA. Essa abordagem mostrou-se especialmente relevante em trabalhadores expostos a tarefas repetitivas, manipulação de cargas e movimentos tridimensionais complexos, comuns em ambientes industriais e da construção civil. Além disso, possibilita a detecção precoce de fadiga, compensações musculares e alterações posturais, contribuindo para a prevenção de distúrbios musculoesqueléticos relacionados ao trabalho (DORT) e redução de queixas álgicas. DISCUSSÃO: Os achados demonstram uma transição da análise ergonômica subjetiva para uma abordagem objetiva e preditiva, com maior aplicabilidade em setores de alto risco ocupacional. No entanto, no Brasil, a Fisioterapia do Trabalho ainda está fortemente associada a práticas voltadas à ergonomia de conformidade, especialmente no atendimento à NR-17, e à ginástica laboral, modelos que frequentemente apresentam limitações na demonstração de valor econômico sob a perspectiva da VBHC. Nesse cenário, a sustentabilidade da área depende da capacidade dos fisioterapeutas de gerar dados locais robustos sobre desfechos clínicos, como redução de dor e incidência de DORT, além da diminuição da sinistralidade nos sistemas de saúde suplementar. Adicionalmente, o uso de tecnologias baseadas em inteligência artificial levanta questões éticas relevantes, como privacidade e segurança dos dados dos trabalhadores. Assim, essas ferramentas devem ser compreendidas como suporte à decisão clínica, exigindo supervisão profissional qualificada. CONCLUSÃO: A incorporação de tecnologias baseadas em deep learning fortalece a Fisioterapia do Trabalho ao permitir uma atuação mais precisa, preventiva e orientada por dados. A consolidação desse paradigma exige competências em tecnologia, análise de dados e gestão em saúde, posicionando o fisioterapeuta como agente estratégico na sustentabilidade dos sistemas de cuidado.

Referências

ABOBAKR, A.; NAHAVANDI, D.; HOSSNY, M. et al. RGB-D ergonomic assessment system of adopted working postures. *Applied Ergonomics*, [S.l.], 2019. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31280813>. Acesso em: 2 maio 2026.

AGOSTINELLI, T.; GENEROSI, A.; CECCACCI, S.; MENGONI, M. Validação de ferramentas de avaliação de riscos ergonômicos baseadas em visão computacional em ambientes reais. *Scientific Reports*, [S.l.], 2024. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39537717>. Acesso em: 2 maio 2026.

ARMENTEROS-COSME, P.; ARIAS-GONZÁLEZ, M.; ALONSO-ROLLÁN, S.; MÁRQUEZ-SÁNCHEZ, S.; CARRERA, A. Advancements in artificial intelligence and machine learning for occupational risk prevention: a systematic review on predictive risk modeling and prevention strategies. *Sensors*, [S.l.], 2025. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/40942853>. Acesso em: 2 maio 2026.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Norma Regulamentadora nº 17 (NR-17): ergonomia. Brasília: Ministério do Trabalho e Emprego, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/arquivos/normas-regulamentadoras/nr-17-atualizada-2022.pdf>.

CARDOSO JUNIOR, M. M. Avaliação ergonômica: revisão dos métodos para avaliação postural. *Revista Produção Online*, Florianópolis, v. 6, n. 3, p. 133, set./dez. 2006.

CHAN, V. C. H. et al. O papel da aprendizagem de máquina na prevenção primária de distúrbios musculoesqueléticos relacionados ao trabalho: uma revisão de escopo. *Applied Ergonomics*, [S.l.], 2022. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34547578>. Acesso em: 2 maio 2026.

CHATZIS, T.; KONSTANTINIDIS, D.; DIMITROPOULOS, K. Avaliação automática de riscos ergonômicos utilizando uma arquitetura de rede neural profunda variacional. *Sensors*, [S.l.], 2022. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36015812>. Acesso em: 2 maio 2026.

CRUCIATA, L.; CONTINO, S.; CICCARELLI, M. et al. Lightweight vision transformer for frame-level ergonomic posture classification in industrial workflows. *Sensors*, [S.l.], 2025. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/40807916>. Acesso em: 2 maio 2026.

HATKEPOSHTI, R. K.; YADOLLAHZADEH-TABARI, M.; GOLSORKHTABARIAMIRI, M. Fall Detection using Deep Learning Algorithms and Analysis of Wearable Sensor Data by Presenting a New Sampling Method. *International Journal of Engineering*, v. 35, n. 10, p. 1941-1958, 2022.

JIAO, Z. et al. REBA aprimorado: avaliação rápida de risco para todo o corpo baseada em aprendizado profundo. *Ergonomics*, [S.l.], 2024. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38423143>. Acesso em: 2 maio 2026.

KARATRANTOU, K. et al. Health-Promoting Effects of a Concurrent Workplace Training Program in Inactive Office Workers (HealPWorkers): A Randomized Controlled Study. *American Journal of Health Promotion*, v. 34, n. 4, p. 382-393, 2020.

LENTZ, T. A. et al. Value-Based Care for Musculoskeletal Pain: Are Physical Therapists Ready to Deliver? *Physical Therapy*, v. 100, n. 11, p. 1916-1926, 2020.

LI, L.; MARTIN, T.; XU, X. Método em tempo real baseado em visão computacional para avaliação de riscos posturais. *Applied Ergonomics*, [S.l.], 2020. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32501254>. Acesso em: 2 maio 2026.

PARIKH, P. et al. NLP-based ergonomics MSD risk root cause analysis and risk controls recommendation. *Ergonomics*, [S.l.], 2025. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39189206>. Acesso em: 2 maio 2026.

RODEGHIERO NETO, I.; ZANCHIN, M.; BROMBILLA, D. C.; ANDRADE, I. F. Estudo de diferentes métodos ergonômicos e suas aplicações. *Revista Ação Ergonômica*, v. 13, n. 1, p. 222–229, 2018. DOI: <https://doi.org/10.4322/rae.v13e201816>.

ROGGIO, F. et al. Uma análise abrangente dos modelos de estimativa de pose por aprendizado de máquina usados ??em análises de movimento e postura humana: uma revisão narrativa. *Heliyon*, [S.l.], 2024. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39553598>. Acesso em: 2 maio 2026.

SCATAGLINI, S. et al. Uma revisão sistemática da precisão, validade e confiabilidade da captura de movimento 3D baseada em câmeras com e sem marcadores para análise de riscos ergonômicos industriais. *Sensors*, [S.l.], 2025. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/40942940>. Acesso em: 2 maio 2026.

TERSA-MIRALLES, C. et al. Effectiveness of workplace exercise interventions in the treatment of musculoskeletal disorders in office workers: a systematic review. *BMJ Open*, v. 12, n. 1, e054288, 2022.

VALENTIJN, P. P. et al. Digital Health Interventions for Musculoskeletal Pain Conditions: Systematic Review and Meta-analysis of Randomized Controlled Trials. *Journal of Medical Internet Research*, v. 24, n. 9, e37869, 2022.

YAN, G. et al. Monocular 3D multi-person pose estimation for on-site joint flexion assessment: a case of extreme knee flexion detection. *Sensors*, [S.l.], 2024. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39409227>. Acesso em: 2 maio 2026.

ZHAO, J.; OBONYO, E.; BILÉN, S. G. Wearable inertial measurement unit sensing system for musculoskeletal disorders prevention in construction. *Sensors*, [S.l.], 2021. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33668433>. Acesso em: 2 maio 2026.

ZOUCH, J. H. et al. Reducing the burden on primary healthcare systems through innovative models of care: the impact of direct access to physiotherapy for musculoskeletal conditions – an interrupted time series analysis. *Family Medicine and Community Health*, v. 12, n. 1, 2024.

Palavras-chave: saúde do trabalhador; ergonomia; inteligência artificial; deep learning; saúde baseada em valor.