

SMARTERGO: DESENVOLVIMENTO E VALIDAÇÃO DE UM SOFTWARE PARA AUTOMAÇÃO DA AVALIAÇÃO ERGONÔMICA COM O MÉTODO RULA

Yuri Camilo da Silveira Farias ^a, Vinnya Freitas Soares ^b, Wanessa Maria Araújo Paulo ^c, Marília Fernandes Soares de Melo ^d, William Neves da Silva ^e, Márcio William Celestino dos Santos ^f

^a Universidade de Fortaleza - UNIFOR, Fortaleza, CE, Brasil. E-mail: yurifarias25@gmail.com.

^b Universidade de Fortaleza - UNIFOR, Fortaleza, CE, Brasil. E-mail: vinnyafreitas@gmail.com.

^c Universidade de Fortaleza - UNIFOR, Fortaleza, CE, Brasil. E-mail: wanessaambiental@gmail.com.

^d Universidade de Fortaleza - UNIFOR, Fortaleza, CE, Brasil. E-mail: mariliafsmelo@gmail.com.

^e Universidade de Fortaleza - UNIFOR, Fortaleza, CE, Brasil. E-mail: williamrns88@gmail.com.

^f Universidade de Fortaleza - UNIFOR, Fortaleza, CE, Brasil. E-mail: will.eng.marcio@gmail.com.

Resumo

Este estudo apresenta o desenvolvimento e a validação do Smartergo, um software web que automatiza a avaliação ergonômica postural com base no método RULA, utilizando visão computacional. Criado com tecnologias web e a biblioteca MediaPipe, o sistema identifica pontos corporais em imagens ou vídeos e calcula automaticamente os escores RULA, considerando variáveis como esforço muscular e carga aplicada. A eficácia da ferramenta foi comparada a métodos tradicionais como SAPO e Kinovea, mostrando resultados semelhantes, embora com pequenas divergências em posturas complexas. As principais vantagens do Smartergo são a agilidade, padronização e acessibilidade, especialmente para micro e pequenas empresas. Alinhado às normas NR-17 e ISO 11228-3, o software contribui para a prevenção de LER/DORT e para a melhoria das condições de trabalho. O estudo recomenda a integração de múltiplas vistas e sensores em versões futuras, para ampliar a precisão em contextos reais.

Palavras-chave: RULA; Avaliação Ergonômica Postural; Visão Computacional.

1. Introdução

As Lesões por Esforços Repetitivos e os Distúrbios Osteomusculares Relacionados ao Trabalho, conhecidos como LER/DORT, são as principais causas de afastamentos e perda de produtividade, no ambiente de trabalho no Brasil (Silva *et al.*, 2024). Segundo dados do Ministério da Saúde, entre 2007 e 2016, foram registrados cerca de 67.599 casos de LER/DORT, o que representa um aumento de 184% nesse período. No Ceará, especificamente, o Observatório de Segurança e Saúde no Trabalho (2023), identificou 4.852 casos entre 2017 e 2021.

Nesse contexto, é fundamental usar metodologias ergonômicas eficientes para ajudar a prevenir problemas relacionados à postura. Uma ferramenta bastante conhecida e utilizada é o RULA (Avaliação Rápida do Membro Superior), criada por McAtamney e Corlett (1993). Ela serve para avaliar a postura dos braços, ombros e pescoço no ambiente de trabalho, ajudando a identificar riscos ergonômicos ligados à postura, força muscular e carga aplicada. Com isso, é possível tomar decisões mais embasadas sobre a necessidade de fazer ajustes ou intervenções no local de trabalho.

Diante das limitações das avaliações tradicionais, surgem avanços com tecnologias digitais na ergonomia, como visão computacional e inteligência artificial. Os *softwares* como SAPO e Kinovea agilizam a análise biomecânica, mas ainda carecem de integração total com o protocolo RULA e não consideram variáveis como esforço muscular e carga aplicada (Dianat *et al.*, 2018). Isso evidencia uma lacuna tecnológica importante: a ausência de ferramentas automatizadas que, além de estimar posturas corporais com precisão, entreguem resultados compatíveis com a lógica e os parâmetros do método RULA.

Este estudo apresenta o Smartergo, *software* online que automatiza a avaliação postural pelo método RULA. A ferramenta analisa imagens ou vídeos, identifica posturas e calcula ângulos articulares, além de permitir a inclusão de variáveis como esforço muscular, carga e apoio das pernas, ampliando a precisão da análise (Kozak *et al.*, 2021).

O estudo tem como objetivo geral, desenvolver e validar o Smartergo como ferramenta de automação da metodologia RULA. Especificamente, busca-se: aplicar visão computacional para detecção postural, incluir variáveis como força e estabilidade, comparar o desempenho com SAPO e Kinovea, e verificar conformidade com a NR-17 e a ISO 11228-3.

A proposta busca oferecer uma solução acessível para micro e pequenas empresas do polo industrial cearense, que representam 89% dos negócios (SEBRAE, 2023), facilitando avaliações ergonômicas. No contexto acadêmico, o SmarterGo promove a integração entre princípios ergonômicos e as tecnologias da Indústria 4.0, como a Internet das Coisas (IoT).

2. Material e Métodos

Esta pesquisa tecnológica aplicada focou no desenvolvimento e validação do *software web* Smartergo para automatizar a avaliação postural RULA, utilizando uma abordagem experimental comparativa com as ferramentas SAPO e Kinovea.

2.1 Desenvolvimento do Software Smartergo

O Smartergo foi implementado como uma aplicação *web* interativa, utilizando tecnologias padrão de *front-end*: HTML para a estrutura, CSS para a estilização e *JavaScript* para a lógica funcional. Essa abordagem permite que a ferramenta seja acessada diretamente em um navegador *web* com uma câmera, sem necessidade de instalação.

O núcleo do sistema utiliza a biblioteca MediaPipe para a detecção de pontos-chave do corpo (*landmarks*) em tempo real, a partir de imagens ou vídeos. Os *Scripts* dedicados (como *config.js* e *landmarks.js*) gerenciam as coordenadas desses pontos. A partir dessas coordenadas, o *software* calcula os ângulos geométricos entre os segmentos corporais relevantes para a análise RULA.

A lógica do método RULA foi programada no script *rulaFunctions.js*, que converte os ângulos calculados em escores para os grupos A (membros superiores) e B (tronco, pescoço e pernas), conforme as tabelas de pontuação do método original. O sistema combina essas pontuações para gerar um escore final e o respectivo nível de ação, que são exibidos na interface do usuário com um feedback visual imediato.

2.2 Procedimentos de Validação e Análise Comparativa

Para a validação, foi utilizada uma imagem de banco anatômico representando o corpo em uma posição dinâmica e complexa, permitindo a análise de múltiplos segmentos

simultaneamente. A eficácia do Smartergo foi comparada com os resultados obtidos pelos *softwares* SAPO e Kinovea, utilizando a mesma imagem de referência.

O fluxo para realização da análise com as ferramentas tradicionais foi o seguinte:

- SAPO + Planilha RULA: Os ângulos posturais foram extraídos manualmente da imagem estática no software SAPO.
- Kinovea + Planilha RULA: Os ângulos foram extraídos a partir de um vídeo da imagem no *software* Kinovea.

Em ambos os casos, os ângulos obtidos foram inseridos manualmente em uma planilha que calculou os escores RULA finais. Os escores finais dos três métodos (Smartergo, SAPO e Kinovea) foram então comparados para verificar a consistência e a precisão da ferramenta automatizada.

2.3 Limitações Metodológicas

A precisão do Smartergo depende da qualidade da imagem ou do vídeo utilizado. Fatores como baixa iluminação, falta de nitidez ou contraste inadequado podem comprometer a detecção dos pontos corporais pelo MediaPipe e, conseqüentemente, os resultados da avaliação. O ângulo da câmera também é essencial, pois um posicionamento desalinhado pode causar distorções na medição dos ângulos. Além disso, posturas muito complexas, com membros sobrepostos ou partes do corpo ocultas, podem dificultar a identificação dos pontos de referência, levando a erros na aplicação das regras RULA pelo sistema.

3. Resultados

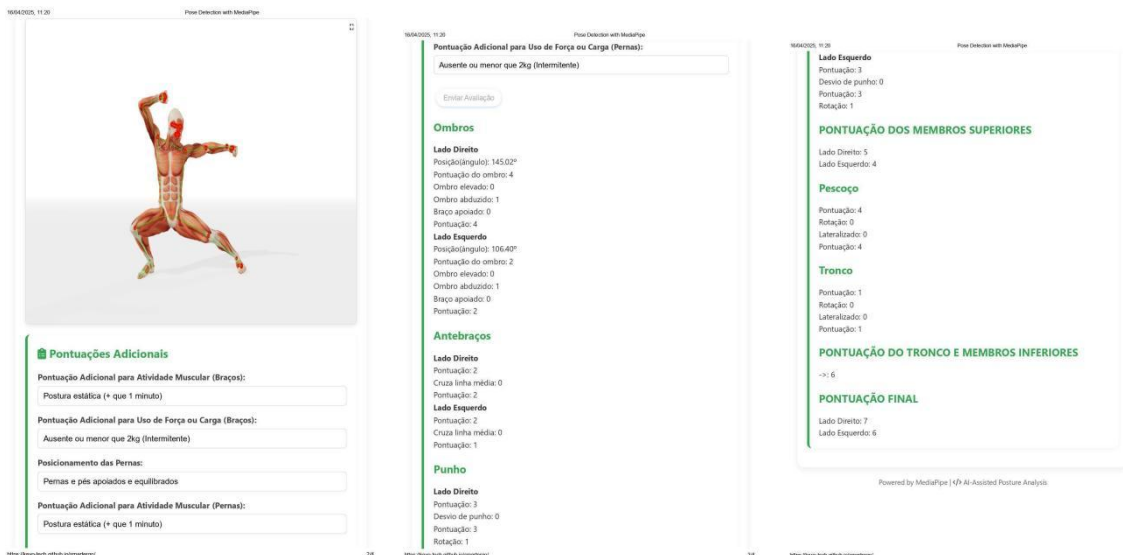
Para a avaliação, foram selecionadas três visões de uma imagem que representa o corpo humano sem pele, evidenciando a musculatura. Na Figura 1, observa-se uma pose dinâmica: um braço está levantado e flexionado, enquanto o outro permanece estendido lateralmente. As pernas encontram-se em posições distintas, sugerindo movimento ou equilíbrio. Já nas Figuras 2-A, 2-B e 2-C, são apresentadas as análises realizadas no Smartergo, conforme ilustrado a seguir.

Figura 1 - Imagem utilizada para avaliação multi-vista (frontal, lateral e superior).



Fonte: <https://www.posemaniacs.com/pt-br/tools/viewer/poses/01HVJMHM61Z7YAJ02DR2NPB5AE,2025>.

Figura 2-A, Figura 2-B, Figura 2-C - Avaliação feita no Smartergo.



Fonte: Autoria Própria, 2025.

A aplicação do *software* da Equipe (Smartergo), que utiliza detecção de pose automatizada via MediaPipe sobre a imagem de referência, gerou os seguintes escores RULA finais, conforme relatório extraído da aplicação (Figura 2-A, 2-B e 2-C):

- **Lado Direito:** Escore Final RULA = 7 (Nível de Ação 4: Investigar e mudar imediatamente).
- **Lado Esquerdo:** Escore Final RULA = 6 (Nível de Ação 3: Investigar e mudar logo).

Estes escores foram calculados automaticamente pelo *software*, após a detecção dos *landmarks* e a inserção de dados adicionais pelo usuário via formulário (neste caso:

Postura estática > 1 min para braços e pernas; Carga < 2kg intermitente para braços e pernas; Pernas e pés apoiados e equilibrados).

Paralelamente, a mesma imagem foi analisada, utilizando o método combinado "SAPO + Planilha RULA". Este fluxo envolveu a análise da imagem no SAPO para obtenção de dados posturais (definição dos pontos de interesse, localização dos ângulos, conforme definido na metodologia de aplicação do SAPO neste estudo) e a subsequente inserção manual desses dados em uma planilha, que aplica a lógica de pontuação RULA. Os resultados obtidos por este método, visualizados na planilha de exemplo (Figura 4), foram:

- **Lado Direito:** Escore Final RULA = 7 (Nível de Ação 4: Investigar e mudar imediatamente).
- **Lado Esquerdo:** Escore Final RULA = 7 (Nível de Ação 4: Investigar e mudar imediatamente).

Figura 3 e 4 - Avaliação SAPO + Planilha RULA e Avaliação Kinovea + Planilha RULA.

RULA - RAPID UPPER LIMB ASSESSMENT				RULA - RAPID UPPER LIMB ASSESSMENT					
<small>CORLETT, E.N.; MCATAMNEY, L. RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. Applied Ergonomics, Volume 24, Issue 2, 1986, Pages 91-99.</small>				<small>CORLETT, E.N.; MCATAMNEY, L. RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. Applied Ergonomics, Volume 24, Issue 2, 1986, Pages 91-99.</small>					
MEMBROS SUPERIORES				MEMBROS SUPERIORES					
OMBRÃO (BRAÇO)		LADO DIREITO	LADO ESQUERDO	OMBRÃO (BRAÇO)		LADO DIREITO	LADO ESQUERDO		
		Posicionamento	4	2			Posicionamento	4	2
		Ombro elevado	Sim	Não			Ombro elevado	Sim	Não
		Ombro abduzido	Sim	Sim			Ombro abduzido	Sim	Sim
		Braço apoiado	Não	Não			Braço apoiado	Não	Não
		Pontuação	6	3			Pontuação	6	3
ANTEBRAÇO		LADO DIREITO	LADO ESQUERDO	ANTEBRAÇO		LADO DIREITO	LADO ESQUERDO		
		Posicionamento	2	2			Posicionamento	2	2
		Cruza linha média	x				Cruza linha média	x	
		Pontuação	3	2			Pontuação	3	2
PUNHO		LADO DIREITO	LADO ESQUERDO	PUNHO		LADO DIREITO	LADO ESQUERDO		
		Posicionamento	2	2			Posicionamento	2	2
		Desvio de punho	Sim	Sim			Desvio de punho	Sim	Sim
		Pontuação	3	3			Pontuação	3	3
		Rotação	Ampla	Discreta			Rotação	Ampla	Discreta
PONTUAÇÃO ADICIONAL PARA ATIVIDADE MUSCULAR		PONTUAÇÃO ADICIONAL PARA USO DE FORÇA O U CARGA		PONTUAÇÃO ADICIONAL PARA ATIVIDADE MUSCULAR		PONTUAÇÃO ADICIONAL PARA USO DE FORÇA O U CARGA			
Postura estática (+ que 1 minuto)		Entre 2 e 10Kg (Intermitente)		Postura estática (+ que 1 minuto)		Entre 2 e 10Kg (Intermitente)			
1		1		1		1			
PONTUAÇÃO DO MEMBRO SUPERIOR DIREITO = 11				PONTUAÇÃO DO MEMBRO SUPERIOR ESQUERDO = 6					
TRONCO E MEMBROS INFERIORES				TRONCO E MEMBROS INFERIORES					
POSICIONAMENTO DO PESCOÇO		POSICIONAMENTO DO TRONCO		POSICIONAMENTO DO PESCOÇO		POSICIONAMENTO DO TRONCO			
Posicionamento	3	Posicionamento	1	Posicionamento	3	Posicionamento	1		
Pescoço em rotação	Sim	Pescoço em rotação	Sim	Pescoço em rotação	Sim	Pescoço em rotação	Sim		
Pescoço está lateralizado	Sim	Pescoço está lateralizado	Sim	Pescoço está lateralizado	Sim	Pescoço está lateralizado	Sim		
PONTUAÇÃO	5	PONTUAÇÃO	3	PONTUAÇÃO	5	PONTUAÇÃO	3		
POSICIONAMENTO DAS PERNAS		POSICIONAMENTO DAS PERNAS		POSICIONAMENTO DAS PERNAS		POSICIONAMENTO DAS PERNAS			
Pernas e pés apoiados e equilibrados		Pernas e pés apoiados e equilibrados		Pernas e pés apoiados e equilibrados		Pernas e pés apoiados e equilibrados			
1		1		1		1			
PONTUAÇÃO ADICIONAL PARA ATIVIDADE MUSCULAR		PONTUAÇÃO ADICIONAL PARA USO DE FORÇA O U CARGA		PONTUAÇÃO ADICIONAL PARA ATIVIDADE MUSCULAR		PONTUAÇÃO ADICIONAL PARA USO DE FORÇA O U CARGA			
Postura estática (+ que 1 minuto)		Ausente ou menor que 2kg (Intermitente)		Postura estática (+ que 1 minuto)		Ausente ou menor que 2kg (Intermitente)			
1		0		1		0			
PONTUAÇÃO DE TRONCO E MEMBRO INFERIOR = 8				PONTUAÇÃO DE TRONCO E MEMBRO INFERIOR = 8					
RESULTADO RULA				RESULTADO RULA					
LADO DIREITO		LADO ESQUERDO		LADO DIREITO		LADO ESQUERDO			
7	Investigar e mudar imediatamente	7	Investigar e mudar imediatamente	7	Investigar e mudar imediatamente	7	Investigar e mudar imediatamente		

Fonte: Autoria Própria, 2025.

Da mesma forma, a Figura 1 foi analisada, utilizando o método combinado "Kinovea + Planilha RULA". Como na análise anterior, utilizou-se o *software* Kinovea para obtenção de dados posturais (definição dos pontos de interesse, localização dos ângulos, conforme definido na metodologia de aplicação do Kinovea neste estudo) e a subsequente inserção manual desses dados em uma planilha que aplica a lógica de pontuação RULA. Os resultados obtidos por este método, visualizados na planilha de exemplo (Figura 4), foram:

- **Lado Direito:** Escore Final RULA = 7 (Nível de Ação 4: Investigar e mudar imediatamente).
- **Lado Esquerdo:** Escore Final RULA = 7 (Nível de Ação 4: Investigar e mudar imediatamente).

No Quadro 1, estão sumarizados os escores finais do RULA e os respectivos níveis de ação obtidos para a imagem de referência, considerando os dois métodos efetivamente aplicados.

Quadro 1 - Comparativo dos Escores RULA para a Imagem de Referência.

Método de Avaliação	Escore RULA (Lado Direito)	Nível Ação (Direito)	Escore RULA (Lado Esquerdo)	Nível Ação (Esquerdo)
Smartergo	7	4 (Mudar Imediatamente)	6	3 (Mudar Logo)
SAPO + Planilha RULA	7	4 (Mudar Imediatamente)	7	4 (Mudar Imediatamente)
Kinovea + Planilha RULA	7	4 (Mudar Imediatamente)	7	4 (Mudar Imediatamente)

Fonte: Autoria Própria, 2025.

O resultado divergente desta análise comparativa pontual é no escore final RULA para o lado esquerdo do corpo e, conseqüentemente, nos níveis de ação recomendados, quando se compara a avaliação totalmente automatizada (*Software* da Equipe) com a abordagem semiautomatizada, combinada com planilha (SAPO + Planilha RULA), para a mesma imagem de entrada.

A introdução da análise multi-vista (frontal, lateral e superior) para os métodos baseados em SAPO e Kinovea, trouxe novos elementos para a comparação com o *software* Smartergo. Um primeiro ponto relevante é que a análise multi-vista elevou o

escore RULA do lado direito de 6 para 7 nos métodos SAPO + Planilha e Kinovea + Planilha, igualando-o ao escore do lado esquerdo e reforçando a classificação de risco máximo (Nível 4) para ambos os lados, nesta abordagem mais completa. Isso evidencia a importância de múltiplas perspectivas, para capturar adequadamente a tridimensionalidade da postura em análises manuais ou semiautomatizadas, como recomendado na literatura ergonômica e nos protocolos de ferramentas como o SAPO.

Com os novos dados, a comparação direta com o Smartergo (que operou com uma única vista-frontal) revela um cenário interessante: houve concordância no escore final para o lado direito (Escore 7), mas a divergência persiste para o lado esquerdo (Smartergo = 6 vs. SAPO/Kinovea Multi-Vista = 7). A concordância no lado direito sugere que, para certos aspectos da postura capturados naquela vista específica, a análise automatizada monocular do Smartergo pode atingir um resultado similar ao de uma análise multi-vista mais detalhada.

No entanto, a discrepância no lado esquerdo (Smartergo subestimando o risco em 1 ponto, comparado aos outros dois métodos) reforça as limitações inerentes à análise baseada em uma única câmera, como discutido anteriormente. É provável que a pose do lado esquerdo na imagem de referência contivesse elementos (possivelmente rotações ou desvios laterais específicos do punho, antebraço ou pescoço) que só puderam ser adequadamente quantificados ou interpretados, com a informação combinada das vistas frontal e lateral, utilizadas na análise manual/semi-manual. O Smartergo, limitado à informação 2D (ou 3D estimada) de uma única perspectiva, pode não ter capturado ou pode ter interpretado erroneamente esses componentes críticos para a pontuação RULA do lado esquerdo, resultando em um escore final ligeiramente inferior. A precisão da detecção de *landmarks* pelo MediaPipe naquela região específica e naquela vista, também pode ter influenciado o resultado.

Apesar dessa diferença pontual no lado esquerdo, é importante notar que todos os métodos, em suas versões finais (Smartergo 1-vista e SAPO/Kinovea multi-vista), classificaram a postura como de alto risco (Nível 3 ou 4), indicando a necessidade de intervenção. Isso sugere que o Smartergo, mesmo com as limitações da visão monocular, foi capaz de identificar a natureza problemática geral da postura. Sua principal vantagem, reside na automação completa do processo, eliminando as etapas trabalhosas de marcação manual (SAPO) ou medição angular (Kinovea) e o cálculo externo em planilhas,

oferecendo um ganho substancial em eficiência e padronização, além de reduzir a variabilidade inter-avaliador.

A incorporação de variáveis adicionais (atividade muscular, força/carga) diretamente na interface do Smartergo, também o torna uma ferramenta mais completa para a aplicação do RULA do que uma simples análise de vídeo, focada apenas em ângulos. Sua natureza *web* facilita o acesso e a disseminação, sendo particularmente promissora para micro e pequenas empresas, que necessitam de soluções ergonômicas práticas e de baixo custo para cumprir normativas como a NR-17 e prevenir LER/DORT.

Contudo, os resultados reforçam que o Smartergo, na sua implementação atual, baseada em visão monocular, deve ser utilizado com ciência de suas limitações. Ele se mostra uma excelente ferramenta para triagem rápida e identificação de riscos evidentes, mas em posturas complexas, ambíguas ou com escores próximos aos limites dos níveis de ação, a validação por um profissional ou a análise complementar com múltiplas vistas (seja manualmente ou por futuras versões do *software*) pode ser necessária para garantir a máxima precisão, especialmente na distinção entre os níveis de ação 3 e 4.

As direções futuras devem, portanto, incluir a validação extensiva do Smartergo em cenários reais e com um conjunto de dados mais amplo, mas também explorar a implementação de técnicas que utilizem múltiplas vistas (combinando ângulos de vistas frontal e lateral distintas) ou algoritmos de estimação de pose 3D mais sofisticados, para superar as limitações da visão monocular e aprimorar a precisão na avaliação de rotações e posturas complexas.

4. Conclusões

Este estudo apresentou o software Smartergo, uma ferramenta web que automatiza a aplicação do método RULA por meio da visão computacional, e avaliou seu desempenho em comparação com abordagens tradicionais. A análise comparativa demonstrou a viabilidade da ferramenta, que, embora apresente limitações inerentes à visão monocular em posturas complexas, identificou corretamente o alto nível de risco ergonômico, alinhando-se aos resultados de métodos consolidados. O Smartergo se destaca pela automação, agilidade e acessibilidade, representando uma contribuição para a prevenção de LER/DORT em conformidade com as normas NR-17 e ISO 11228-3.

As principais limitações identificadas foram a dependência da qualidade da imagem e a análise baseada em uma única perspectiva. Para trabalhos futuros, recomendam-se os seguintes desdobramentos:

- Implementação de análise multi-vista, combinando informações de diferentes ângulos para aprimorar a precisão na avaliação de rotações e posturas complexas.
- Integração com sensores IoT para capturar automaticamente dados de força, carga e frequência, reduzindo a necessidade de inserção manual.
- Ampliação da base de dados de validação com testes em cenários laborais reais de diferentes setores industriais para otimizar a robustez da ferramenta.

A evolução contínua do Smartergo tem o potencial de democratizar a análise ergonômica, reduzir afastamentos e melhorar significativamente a qualidade de vida do trabalhador. Isso pode gerar indicadores benéficos tanto para os profissionais quanto para as empresas, ao elevar o nível de qualidade das atividades e diminuir afastamentos decorrentes de problemas posturais. Dessa forma, reforça-se a relevância da adoção de práticas ergonômicas.

Referências bibliográficas

ARAÚJO, E. O.; DUARTE, A. D. Análise de confiabilidade de software na análise biomecânica: revisão de literatura. *Revista Ação Ergonômica*, v. 15, n. 2, p. 1–11, 2021. Disponível em:

<http://www.abergo.periodikos.com.br/article/6276c8eca9539525df01aa53/pdf/abergo-16-1-e202202.pdf>. Acesso em: 18 jun. 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. *LER e DORT são as doenças que mais acometem os trabalhadores, aponta estudo*. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/noticias/2019/abril/ler-e-dort-sao-as-doencas-que-mais-acometem-os-trabalhadores-aponta-estudo>. Acesso em: 18 jun. 2025.

CAMPCURSOS. *Avaliação rápida de membro superior (RULA)*. 2023. Disponível em: <https://campcursos.com.br/avaliacao-rapida-de-membro-superior-rulair-para-navegacao-pesquisa/>. Acesso em: 18 jun. 2025.

CARBONERA & TOMAZINI ADVOGADOS. *Guia completo do auxílio-doença do bancário*. 2022. Disponível em: <https://www.carboneraetomazini.com.br/blog/guia-completo-do-auxilio-doenca-do-bancario/>. Acesso em: 18 jun. 2025.

CARLETTO, A.; MATTA, M. Utilização do protocolo SAPO como recurso para avaliação postural. 2021. Disponível em:

<http://www.repositorioguairaca.com.br/jspui/bitstream/23102004/337/1/Adriane%20Carletto.pdf>. Acesso em: 18 jun. 2025.

CHARMANT, J. *Kinovea: A microscope for your videos*. 2004. Disponível em: <https://www.kinovea.org/>. Acesso em: 18 jun. 2025.

DIANAT, I.; KARIMI, M. A.; ASGHARIMOGHADDAM, H. Ergonomic evaluation of working postures using RULA and observational methods: a review and comparison. *International Journal of Industrial Ergonomics*, v. 66, p. 69–79, 2018.

DIAS, C. P. *Análise ergonômica do trabalho: aplicação da ferramenta RULA em atividade industrial*. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2017.

FERREIRA, E. A. G. et al. Postural assessment software (PAS/SAPO): validation and reliability. *Clinics*, v. 65, p. 675–681, 2010. Disponível em: <https://bmclab.pesquisa.ufabc.edu.br/sapo/>. Acesso em: 18 jun. 2025.

FRANCESCHI, A. de. *Ergonomia*. Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica, 2013. Disponível em: https://www.ufsm.br/app/uploads/sites/413/2018/11/12_ergonomia.pdf.

GABLER, N. C.; MENEZES, M. F.; FAVERO, M. T. Avaliação postural com o software SAPO. *Revista Saberes da Unijipa*, v. 21, n. 6, p. 99–109, 2024. Disponível em: <https://estacio.periodicoscientificos.com.br/index.php/revista-saberes-unijipa/article/view/2928>. Acesso em: 18 jun. 2025.

GRILO, A. Precisamos projetar uma ergonomia de concepção, e não de correção: relembando aprendizados sobre ergonomia durante o 16º Ergodesign/USIHC & CINAHPA. 2017. Disponível em: <https://andregrilo.medium.com/precisamos-projetar-uma-ergonomia-de-concepção-e-não-de-correção-78bad0d5896f>. Acesso em: 18 jun. 2025.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. *ISO 11228-3: Ergonomics — Manual handling — Part 3: Handling of low loads at high frequency*. Geneva: ISO, 2007. Disponível em: <https://www.iso.org/standard/26522.html>. Acesso em: 18 jun. 2025.

KOZAK, J.; HAGHIGHI, M.; KUO, P.-C. Deep learning-enabled RULA ergonomic risk assessment using monocular images. *Computers in Industry*, v. 131, 103500, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2021.103500>.

LELIS, C. M. et al. Distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho em profissionais de enfermagem: revisão integrativa da literatura. *Acta Paulista de Enfermagem*, v. 25, n. 3, p. 477–482, 2012. <https://doi.org/10.1590/S0103-21002012000300022>.

LIMA, E. H. B. et al. Análise da produção científica em ergonomia e segurança do trabalho nos últimos 20 anos: um enfoque bibliométrico utilizando a plataforma Scopus.

Revista de Gestão Social e Ambiental, v. 18, n. 12, p. 1–19, 2024.

<https://doi.org/10.24857/rgsa.v18n12-187>.

MACATAMNEY, L.; CORLETT, E. N. RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. *Applied Ergonomics*, v. 24, n. 2, p. 91–99, 1993.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. *Norma Regulamentadora nº 17 (NR-17)*. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/normas-regulamentadora/normas-regulamentadoras-vigentes/norma-regulamentadora-no-17-nr-17>. Acesso em: 18 jun. 2025.

SILVA, W. N. da; LIMA, E. H. B.; OLIVEIRA, F. A. P. M.; MELO, M. F. S. de; SANTOS, M. W. C. dos; PAULO, W. M. A.; LIMA, M. dos S. Analysis of scientific production in ergonomics and workplace safety in the last 20 years: A bibliometric approach using the scopus platform. *Revista de Gestão Social e Ambiental*, Centro Universitário da FEI, *Revista RGSA*, v. 18, n. 12, p. 1–19, 2024.